MANUALI HOEPLI

MINERALOGIA
GENERALE

DI

LUIGI BOMBICCI
Professore ordinario di Mineralogia nella R. Università di Bologna.

CON 183 INCISIONI E 4 TAVOLE CROMOLITOGRAFICHE

Seconda edizione riveduta.

ULRICO HOEPLI
EDITORE-LIBRAJO DELLA REAL CASA
MILANO

1889

INDICE

INTRODUZIONE.

PARTE PRIMA.

UN MUSEO DI MINERALOGIA GENERALE.

PARTE SECONDA.

LE COLLEZIONI PER GLI ELEMENTI DI MORFOLOGIA MINERALOGICA.

PARTE TERZA.

IL LABORATORIO DOVE SI ANALIZZANO CHIMICAMENTE I MINERALI.

PARTE QUARTA.

IL GABINETTO DOVE SI STUDIA LA FISICA DEI MINERALI.

PARTE QUINTA.

LA COLLEZIONE SPECIALE DI CRISTALLOGRAFIA.

PARTE SESTA.

CONCLUSIONE.

L'AUTORE AL LETTORE

In questa seconda edizione del primo dei due Manualetti popolari di Mineralogia, chiestimi con molta gentilezza per la lodatissima serie dei « Manuali Hoepli », ripropongo al mio lettore quella escursione fantastica che non lo condurrà nelle viscere mineralizzate del mondo, ma che Egli potrà facilmente realizzare, ogni qualvolta lo voglia, in un Museo mineralogico; gli offro inoltre pochi trattenimenti, supposti nel gabinetto di studio e nel laboratorio che a quel Museo sono annessi.

Vorrei accolta la mia proposta — ossia letti questi libriccini — da tutte quelle brave ed erudite persone le quali sentendosi quasi profane, dirò così « ai misteri della crosta terrestre e dei suoi naturali prodotti », bramano di acquistarne una giusta idea senza sobbarcarsi ad un corso regolare e ufficiale di studii mineralogici.

Sussistono ancora, dopo sei anni trascorsi dalla prima edizione, le cagioni che in Italia rendono quasi deserte quelle scuole dove s'apprendono e si volgono alle più feconde e mirabili applica-

zioni, le leggi di Natura; dove si espongono, e si discutono nelle correlazioni loro, i fatti positivi e i fenomeni più sublimi che dato sia d'investigare all'umano intelletto; rimane tuttodì sterile il deplorare che, volendosi insegnare ad ogni costo, nelle scuole secondarie, i così detti elementi delle Scienze Naturali, si porgano bene spesso le prime e più durevoli idee e si destino le prime e decisive impressioni nel modo più adatto a far parere aride e antipatiche quelle scienze medesime, rimuovendo da esse, come da vere superfluità, quel tesoro di sentimenti che le cose belle e buone non cessarono per anco di suscitare nel petto ai giovani moralmente forti; talmente che, se per felice eccezione, si forma un bravo naturalista, provato ai difficili e costosi studii, bramoso di giovar con essi ai proprii simili, al decoro della sua patria, alla storia fisica dell'Umanità, egli non trova aperta per sè alcuna carriera favorevole alle sue giuste aspirazioni, e degnamente ricompensata.

Insisterò semplicemente su questo fatto: in Italia, è così piccino il novero di quelli che seguono i corsi delle naturali discipline, e segnatamente della Mineralogia, che non si offende alcuna persona supponendola ignara anche dei principii di questa scienza, tanto più nobile e degna di ammirazione, quanto più severa ne è l'esteriore sembianza, quanto più ne sono reconditi e di difficile accesso i pregi stupendi.

Non debbono far meraviglia le false o inesatte idee dominanti nel volgo circa l'indole, il soggetto, il grado, lo scopo pratico e l'effettiva utilità della Mineralogia.

Il volgo crede che tutto vi consista nell'arida enumerazione di qualche centinaio di pietre diverse; alcune buone a qualcosa, per esempio, a produrre metalli, colori, terre da manifatture, gingilli per ornamento; ed altre no: il volgo compiange coloro che occupandosi di minerali debbono, a suo credere, sforzare all'eccesso la memoria, lasciando in beata pace l'intelligenza; non sospetta, nemmeno per ombra, nelle ricerche del mineralista, gli eccitamenti del genio scientifico, la sintesi filosofica delle leggi universali e della inevitabile solidarietà loro con ogni indirizzo positivo del pensiero; altro di meglio non ravvisa nelle collezioni mineralogiche se non un'accozzaglia di sassi messi in fila come sono allineate a disegno dagli appassionati collettori le serie dei bottoni e dei monogrammi; concede che parecchi di quei sassi sieno notevoli per vivacità di colori, brio di trasparenza, singolarità di faccettature; ma trova che sono assai più brillanti i pezzi faccettati delle cristallerie di Boemia e le guarnizioni delle lumiere; si scandalizza dei nomi babelicamente eterocliti, quali a moltissimi minerali, che per avventura udì citare, inflisse l'arbitrio di persone, sostituito al criterio di regole pensate; e così pone

la scienza pura responsabile di una umana debolezza; non sa persuadersi che lo studiare come è fatto un sasso può contribuire al progresso delle scienze ed al benessere dell'umana famiglia.

In conseguenza, vedonsi di continuo le moltitudini di coloro che si fanno un dovere di visitare i Musei degli Istituti scientifici, attraversare lestamente le collezioni dei minerali, appena degnando di una fredda occhiata gli armadi, o tutto al più informandosi, per generosa condiscendenza verso l'ambiente, della pietra calamita, dell'amianto incombustibile e dei diamanti; trattenendosi in atto rispettosamente contemplativo dinanzi alle splendide piriti, per cuoprirle di un supremo disprezzo appena consapevoli che esse non sono pezzi dell'oro cui rassomigliano, ma poveri composti di ferro e di zolfo.

A quelli che amano sinceramente una scienza senza calcolo e senza vanità, fa molto piacere il rivelarne i pregi, enumerarne le risorse, e trarre al suo culto coloro che specialmente furono per essa indifferenti od avversi. — Io dico perciò al mio lettore, che suppongo coltissimo e intelligentissimo, ma profano agli studii di Mineralogia generale: « Facciamo conto di visitare un museo mineralogico e un gabinetto, un laboratorio ad esso attinenti; ma non in fretta e furia! Bensì per osservare, confrontare, discutere; per esami-

nare le raccolte speciali e riferirne il significato all'ordinamento complessivo; per procurarci l'agio di opportune indagini sperimentali.

« Dovremo sagrificare alla conoscenza dell'assieme l'apprezzamento dei singoli oggetti e delle minute particolarità; ma potremo conquistare una idea sintetica della scienza ivi rappresentata. »

Una escursione (che nel caso pratico nostro è un Manualetto) non basterà; ne faremo due, riserbando alla seconda la parte *descrittiva*, dopo di aver percorsa nella prima la parte *generale*.

Mi pare, peraltro, di sentirmi dire: « C'invitate a girare in alcune sale piene di minerali per comprendere il loro significato scientifico come un botanico c'inviterebbe a visitare il suo orto ed il suo erbario; o uno zoologo i suoi animali di ogni ordine, vivi o imbalsamati o disseccati; ma esiston forse dei tipi mineralogici, delle famiglie naturali, dei generi, delle specie di minerali colle loro varietà, come esistono i tipi delle piante e degli animali? Come si annoverano nelle classificazioni i generi, le specie, le varietà botaniche e zoologiche?

« Di più; quali idee dobbiamo formarci del minerale, in relazione alle idee astratte dell'animale vivo, della pianta viva, di una fauna, di una flora?

« Infine, che cos'è veramente la Mineralogia? »

Ora, tali quistioni stanno fra le più profonde ed ardue che si possano accampare in una discussione di filosofia naturale. Sarebbe orgoglio, sarebbe temerità il pretendere di darvi una risposta definitiva.

Le controversie sussistono, anzi si accrescono di giorno in giorno fra gli scienziati; e per lo più dipendono da questo: che la specializzazione degli indirizzi di studio, resasi necessarissima per l'eccessivo ingrandirsi del campo di ogni scienza, conduce a guardare le quistioni generali da punti di vista limitati, talvolta ristrettissimi.

Dunque, nel dubbio che a me si rivolgano, in seguito all'invito che faccio, e come per ricavarne un programma di una « gita di piacere », delle dimande sul genere di quelle adesso formulate, ecco ciò che « strada facendo » credo si possa rispondere a chi vuol farsi cortesemente compagno di via nella progettata escursione:

« Che cosa sia la Mineralogia generale, ciascuno potrà capirlo da sè, appena avrà visitata — *osservando e ragionando* — la collezione verso la quale muoviamo.

« Nessuna definizione sarebbe altrettanto efficace e sufficiente quanto l'intelligente osservazione di ciò che sta esposto nelle vetrine di quell'Istituto, e di quanto si opera con apparati, con reattivi, nel gabinetto di studio o nella stanza di lavoro.

« Riserbiamoci dunque la soddisfazione di saper definire spontaneamente, da noi stessi, all'ultimo momento del còmpito prefissoci, e come portato delle provate impressioni, che cosa sia la scienza dei minerali. »

Che le collezioni mineralogiche valgano in ordine alla istruttività, quanto quelle e più ancora, dei musei di zoologia e degli erbarii, ben si comprende dietro un semplice raziocinio; senza dubbio, certi giardini botanici e zoologici di ricchi e grandi istituti, ne' quali si tentò di riprodurre, intorno a ciascun essere vegetale o animale il carattere della stazione sua originaria nella quale naturalmente si produsse, permettono di spingersi assai avanti nello studio degli esseri che vi si allevano. Ma un erbario di piante disseccate, una raccolta di conchiglie vuote, di deserti polipai, di crostacei ridotti ai loro gusci, o di pelli impagliate, non servono che allo studio sistematico e convenzionale dei caratteri unicamente superficiali e incompletamente morfologici dei generi e delle specie organiche. Invece, il minerale, ancorchè staccato dal suo giacimento originario, dai fianchi di un monte, dalle pareti di un filone, da un affioramento eruttivo, dal cratere di un vulcano, o raccolto da un deposito superficiale, *trae seco*, e conserva *tutte le sue qualità*, meno quelle inerenti alla topografia del giacimento rispettivo. Esso è sempre il *minerale vero, effettivo*, tale quale si produsse e perdurò,

forse per milioni di secoli, nel posto in cui si raccolse. Compendia in sè tutti i più interessanti tratti della sua propria istoria; cosicchè dato il luogo e il modo della origine sua, un solo esemplare mineralogico può bastare, talvolta, per la sufficiente descrizione monografica di una specie.

In quanto alla esistenza di gruppi naturali, tassonomici, nel regno minerale; ed alla idea astratta che possiamo accogliere delle SPECIE MINERALOGICHE, ossia di ciò che è un t i p o m i n e r a l e, in relazione ad una pianta, e ad un animale viventi, dirò qui alla buona quello che ne penso io, pur lasciando liberissimi tutti gli altri naturalisti di pensarla diversamente, e così mi disimpegnerò dall'obbligo di un po' d'introduzione alla visita ai dominii della « morta natura » e delle fredde pietre, visita desiderata e imminente.

L. BOMBICCI.

MINERALOGIA

INTRODUZIONE

LA MATERIA INORGANICA E I MINERALI
LE INDIVIDUALITA' E LE SPECIE MINERALOGICHE.

1. Discorrendo di MINERALI bisogna non confonderne il concetto con quello di ciò che comunemente chiamasi *materia inorganica.*

È bensì la materia inorganica che produce i minerali propriamente detti; ma a condizione di subordinarsi a determinate azioni chimiche e molecolari, e di conseguirne, per via esclusivamente naturale: 1.° *una composizione chimica perfettamente definita; 2.° una struttura fisica effettivamente regolare.*

Senza dubbio, i gas componenti l'aria atmosferica, quelli emanati dai crateri vulcanici, dalle miniere di carbon fossile e quelli prodottisi nei laboratorii sono sostanze minerali; lo sono i vapori esalati dalle fenditure del suolo; lo è del pari l'acqua che cade dalle nubi, che filtrasi nelle profondità della crosta terrestre, che circola sulle terre emerse, che si aduna nei laghi e negli oceani; lo sono le crete, le argille, le sabbie dei

moderni e dei remoti sedimenti; le rupi delle montagne, le dejezioni polverulenti o arenacee, o scoriacee, o vetrificate dei vulcani attivi; le concrezioni strutturalmente amorfe o gelatinoidi prodotte dalle acque silicifere o ferrugginose delle sorgenti mineralizzate e molto spesso termali; ed altresì spettano alla materia inorganica le ceneri delle piante abbruciate, i residui delle ossa e delle conchiglie calcinate, il composto solido dei denti, il carbone delle legna, e, anche più palesemente, tutti i metalli ridotti, tutti gli acidi e tutti i sali, purificati o cristallizzati nei laboratori del chimico, adoperati nelle arti e nelle manifatture.

Ma tutte queste sostanze, abbénchè non di raro comprendano gli elementi chimici e fisici dei minerali propriamente detti; abbenchè talvolta ne riproducano le principali qualità, non corrispondono al concetto del MINERALE vero e genuino, e da cui limpida e semplicissima sorge l'idea della specie mineralogica; come non corrispondono al sincero concetto di una pianta qualsiasi le resine, le gomme, gli olii essenziali, i principii aromatici e coloranti, i derivati acidi o zuccherini dei tessuti vegetali, le fibre tessili, i bitumi e i residui carboniosi; come non rappresentano alcun tipo animale, qualunque ne sia la manifestazione, la cera, il sevo, la stearina, il miele, l'avorio, le sostanze cornee, la gelatina, l'albumina, l'urea e via dicendo. Tali sostanze dipendono effettivamente dalle funzioni organiche coordinate alla vita delle piante e degli animali; ma sono prodotti secondarii, ovvero semplici de-

rivati dalla alterazione più o meno intensa di veri organismi, e dalla scomposizione più o meno avanzata dei tessuti. Ogni funzione vitale vi manca; sussiste la loro passività rispetto agli agenti di alterazione che possono circondarle colla lor propria influenza; esse dunque, attestando lo svolgersi della vitalità, contribuiscono alla storia dei tipi animali e vegetali, ma non li rappresentano.

Invece, una cellula, una spora, un infusorio, che in modo relativamente completo posseggono le condizioni di sostanza e di struttura volute per una funzione vitale, (sia pur limitata ad un atto naturale di endosmosi, di fissazione o di secrezione, di sdoppiamento o di fermentazione) bastano per suscitare e concretar l'idea di esseri organizzati, di animali o di piante. Sieno microbi, protofiti o protozoi, monocellulari; debbasi pur ricorrere, onde scorgerli, ai più possenti microscopi, potranno sempre classificarsi nelle serie della natura viva al pari de' più colossali rappresentanti delle faune e delle flore.

2. Dunque, il MINERALE propriamente detto è il risultato complesso di determinate azioni chimiche e fisiche sulla materia inorganica. È il naturale prodotto delle combinazioni atomiche definite, generatrici di molecole chimicamente pure; *e delle regolari aggregazioni di tali molecole, in particelle fisiche, solide e caratterizzate da speciale stato termodinamico;* vale a dire, da una speciale condizione di equilibrio, di moto, e di calorico di costituzione.

Un individuo mineralogico può esser benissimo rappresentato da una sola di queste particelle, che si originano nell'atto di un fenomeno interessantissimo e non valutato abbastanza nella fisica molecolare; cioè, il cambiamento di stato fisico per *vera solidificazione.* È in questo fenomeno che le molecole chimiche, libere nei gas, mobilissime nei vapori, nei liquidi, si aggruppano con modi e con equilibri che sogliono variare, in un colla loro sostanza.

Ma si noti bene che la solidificazione, di cui parliamo, non è il comune indurarsi delle sostanze colloidali, gelatinoidi, che si prosciugano, o l'irrigidirsi delle resine fuse, dei vetri liquefatti che si raffreddano, e che divenuti veramente duri, *sono fisicamente liquidi,* come quando il calore che li rammolliva, li faceva pastosi, viscosi o scorrevoli. È la solidificazione instantaneamente effettuata *ad un dato e preciso grado di temperie per ciascuna sostanza chimicamente pura*, solidificazione accompagnata da svolgimento di calore (trasformazione di moto molecolare preesistente), da mutamenti di volume della massa (effetto di nuove disposizioni e orientazioni delle molecole), e da un sostanziale cangiamento di struttura, corredato e caratterizzato da attitudini fisiche, da proprietà specifiche, che nello stato di liquidità mancavano totalmente. In seguito a questo fenomeno, pel quale può dirsi che la massa che si è realmente solidificata è in uno stato diverso per *isomeria* da quello della sua precedente liquidità, si costituiscono appunto le condizioni strutturali che aggiungendosi per cause puramente naturali, non

predisposte dall'ingegno nè dalla mano dell'uomo, alla condizione chimica definita, valgono a individuare un minerale propriamente detto.

Una sola particella fisica che si presenti alla nostra mente, non potendolo ai nostri sensi, colle due essenziali qualità: 1.ª *composizione atomica e molecolare perfettamente definita in ordine alle leggi della chimica; 2.ª stato fisico caratterizzato da speciali proprietà*, è teoricamente bastevole a far nota quella composizione, quello stato e queste proprietà. Lo diviene anche in pratica ogniqualvolta, aggregatasi con altre eguali, ci fornisca una massa ponderabile, e così si presti alle analisi, alle indagini sperimentali. A questa massa, comunque voluminosa, sia un corpuscolo, sia un blocco colossale, compete la stessa identica qualificazione che è propria della natura atomica e molecolare di ciascuna delle sue particelle componenti. Meglio vi si potrà determinare la modalità della struttura caratteristica se è uniforme ed omogenea, quale deve supporsi; ma le sue qualità chimiche e fisiche (formula atomica, tipo molecolare, calorico specifico, densità, attitudini ottiche, ecc.) saranno tali in essa, quali sussistono nella particella unica già da noi considerata, e in ciascuna delle altre con essa solidali.

3. In conclusione: *un sistema uniforme di particelle inorganiche, tutte di una data composizione molecolare, è una* individualità mineralogica, qualunque sia il numero effettivo di quelle stesse particelle.

L'insieme, concepito idealmente, di tutte le

possibili individualità che possiedono la stessa identica composizione e lo stesso modo di adunamento strutturale e di fisiche proprietà è una SPECIE MINERALOGICA.

Vale la pena di ripeterne la definizione: La SPECIE, in mineralogia, è *l'insieme delle individualità nelle quali le particelle elementari, identiche per composizione chimica, sono radunate in masse aventi la stessa struttura regolare e le stesse proprietà fisiche e geometriche.*

Così considerata, la SPECIE sussiste positivamente nel regno minerale, poichè concorrono a darcene esatta l'idea il portato della legge immutabile delle combinazioni chimiche, e quello delle attrazioni molecolari, comprese nella legge suprema della gravitazione. Talmente che ne risulta precisata la idea come lo è, ad esempio, la posizione di un punto che trovasi ad un tempo sopra due rette che s'incrociano, quindi sulla loro intersezione.

La naturale e fortissima tendenza che sta nelle individualità minerali a produrre, come vedremo fra poco, forme poliedriche con speciali simmetrie, e geometricamente definite (cristalli), confermando il concetto delle specie rispettive, fornisce nuove costanti per la loro istituzione. — E tali forme, di cui l'aspetto, l'*habitus*, il carattere geometrico stesso, subiscono considerevoli variazioni per le influenze sopratutto termiche dell'ambiente dove si producono e si accrescono, nello stesso modo con cui vediamo

i tipi organici viventi subire le influenze dei climi, danno luogo, perciò appunto, ad una moltitudine di VARIETÀ.

Bene spesso le specie minerali, quali si traggono dalle più intime latebre della crosta terrestre, ancorchè in poliedri regolarmente conformati, divergono dalle condizioni di purezza e di simmetria geometrica che amiamo di presupporvi. — Da ciò una viecrescente, ben accurata ed indefessa ricerca, ed una zelante registrazione per opera dei mineralisti, delle *anomalie* e delle *oscillazioni* che nei caratteri di quella specie possono verificarsi.

Ora è bene di sapere che molte di tali anomalie dipendono dall'essersi le particelle costituenti di ogni singola specie, ed *intrinsecamente pure e perfette*, aggregate sotto molteplici e quasi inevitabili attività perturbatrici. Sono materiali ostacoli, angustie di spazio, concomitanze di differenti reazioni, variazioni termiche, urti o vuoti nelle masse, eccessi o deficienze o esaurimenti delle materie generatrici, che osteggiano le energie molecolari e la perfezione dei loro prodotti. Sopraggiungono quindi le individualità e gli aggregati mineralogici impuri, alterati, deformati, mostruosi; ma il carattere della specie, cui spettano, non ne resta compromesso; come non lo è, nelle specie organiche, dalla sussistenza di individui deformi, o feriti, vittime di parassiti, mostruosi o incompleti. Solo la *manifestazione* della specie ne è offuscata; ma lo è per parte di cause indipendenti da quelle che presiedono normalmente al suo costituirsi. Tanto è vero che, se riusciamo a

rimuovere artificialmente tutte o la massima parte almeno di tali cause, come quando per es., riproduciamo i composti minerali con i loro nitidi poliedri nel crogiuolo, nel cristallizzatoio, previamente situati nelle condizioni assolutamente favorevoli alla perfezione del prodotto, e adoperando materie prime di purezza completa, i tipi specifici che si realizzano sono assolutamente individuati dalla semplicità dei rapporti della loro atomica costituzione, e dalla costanza delle loro qualità caratteristiche.

4. Fisica e chimica insegnano che cosa sia il polimorfismo dei corpi, cosa le allotropie, le isomerie. Nel museo dei minerali troveremo molti e chiari esempi di queste attitudini possedute dai composti chimici definiti, di mutare i loro fisici caratteri, se bastevolmente mutano le condizioni, sopratutto termiche, dell'ambiente, del mezzo, dove essi si vanno formando. Vedremo lo stesso solfuro di ferro vestir forme, aspetti, qualità fisiche ben differenti e forme fra loro geometricamente incompatibili; altrettanto vedremo nell'ossido di titanio, nel carbonato calcare, nella silice pura, nel puro carbonio e in taluni metalli; ed è facile l'accorgersi che queste attitudini confermano con una assoluta esigenza la necessità di associare al criterio della COMPOSIZIONE ATOMICA, CHIMICA e MOLECOLARE, per definire le specie mineralogiche, quello della loro FISICA COSTITUZIONE, ossia delle loro intime strutture.

5. Come si classificheranno le sostanze che restando sempre le stesse, colla identica costituzione atomica, assumono caratteri cotanto diversi

nello stesso genere, ovvero in diversi generi, ma raccolti nella stessa famiglia? — D'altra parte, quali criterii presiedono, nella mineralogia teorica, date le specie, alla formazione dei generi, delle tribù, delle famiglie, degli ordini e delle classi?

L'entrare in questo argomento equivarrebbe ad affrontar nientemeno che l'idra delle classificazioni artificiali, dei sistemi devoluti piuttosto agli apprezzamenti delle persone che alle esigenze dei fatti e delle loro correlazioni. Imperocchè la classificazione naturale, metodicamente applicata alla serie dei minerali, è di per sè indefinita al pari del progredire della scienza, di cui essa deve rappresentare il riassunto filosofico, la sintesi definitiva, mercè il concorso di tutti i fatti fondamentali e delle leggi che li governano.

Soltanto quando fossero ben note tutte le qualità di tutte le sostanze del regno minerale; quando si conoscessero tutti i principali rapporti che sussistono fra esse e i loro gruppi di specie e di generi; quando le serie naturali si prestassero, non interrotte, ai reciproci parallelismi, potrebbesi sperare realizzato l'ideale di quell'ordinamento perfetto che consente a ciascun oggetto classificato di esprimere, fino ad un certo punto, la sua propria storia, mercè il posto che gli venne assegnato nella serie complessiva.

6. Siamo ormai alle viste del museo, verso il quale ci avviammo. Utilizziamo la poca strada che ci resta da percorrere per cercar qualche

esempio di ciò che si è notato sulle specie minerali.

Molte qualità di pietre ci stanno intorno. I ciottoli della via, il pietrame delle muraglie, i marmi delle decorazioni architettoniche.

Raccogliamo un ciottolo qualunque: spezziamolo; è finamente granulare nella sua struttura, grigio di colore, quasi affatto opaco in massa, scaglioso o ineguale nella sua frattura; deve la sua esterna conformazione al logorio che sofferse, quando le acque di un torrente seco lo travolgevano urtandolo con altri, consumandolo fra le arene ed il limo. Esso adunque non ha struttura, nè forma regolare, è un semplice frantume di rupe.

Analizziamone un frammento. Se la rupe era di pietra arenaria potremo trovarvi la silice, la calce, gli ossidi di ferro e di manganese, piccole dosi di ferro solforato, dell'acqua, dell'anidride carbonica, e forse altri componenti. Questi, che abbiamo qui indicati, dànno un confuso assieme di elementi diversi, al quale sarebbe impossibile assegnare una formula precisa, conforme alla legge delle proporzioni definite, e tale da potersi riportare ad un tipo specifico. Dunque la nostra pietra non è una specie mineralogica, nè un minerale propriamente detto. È un'intima mescolanza di minerali diversi. È una massa rocciosa qualunque.

A questo punto conviene armarsi di una buona lente e guardarne la superficie di frattura. Si discernono subito delle particelle vetrine, lucenti, delle laminette translucide, biancastre, delle pun-

teggiature giallo-brune, dei corpuscoli neri; tutto questo palesandosi in intimo ma non uniforme miscuglio.

Un buon microscopio, col quale si guardasse una scheggiolina assottigliatissima di quel sasso, ci farebbe apparire ben distinte le diverse qualità di materie che la lente appena ci permette di discernere. Separiamole col pensiero, non potendo far di meglio qui su due piedi. Se ora analizzassimo separatamente le particelle lucenti di aspetto vitreo, troveremmo, *in tutte*, questa composizione centesimale esatta e costante:

$$Si = 46,66 \quad O = 53,34$$

rappresentabile colla formula chimica SiO^2; e, se ne indagassimo le fisiche proprietà, finiremmo col conoscerle dotate di una speciale attitudine birifrangente pei raggi di luce, di una data conducibilità termica, di una speciale densità, di una elevata e sempre speciale durezza. E cercando bene nella detta pietra, e nelle congeneri, riesciremmo a trovare qualcuna di esse particelle colla forma geometrica, parziale o completa, di un prisma esagonale bipiramidato (fig. 1).

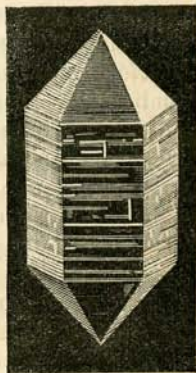



Fig. 1.

Ecco dunque una sostanza chimicamente definita, strutturalmente regolare, atta ad assumere perciò forme geometriche determinabili. Vi è quanto occorre per dichiararla una vera specie

completamente individuata. È la specie mineralogica registrata col nome di QUARZO, e volgarmente nota come « cristallo di rocca ».

7. Se ripetessimo queste ricerche medesime sulle lamelle translucide e biancastre, troveremmo che risultano di ossido di calcio e di anidride carbonica in questa semplice, costante, assoluta proporzione:

$$Ca\,O = 56. \ C\,O^2 = 44$$

donde la formola:

$$Ca\,C\,O^3$$

lamelle ottimamente birifrangenti, dissociabili col calore, effervescenti con gli acidi; che la durezza, la densità, ecc., vi hanno costante il grado rispettivo; infine, che si suddividono, spezzandosi ulteriormente, in frammenti limitati da sei faccie rombe; che queste faccie s'intersecano con angoli diedri, ottusi, di circa 105°. E verremmo anche in tal caso nella certezza che le dette lamelle spettano ad una sostanza perfettamente definita dalla composizione atomica e molecolare, dalla struttura e dalla forma, nonchè dalle proprietà fisiche accessorie; che perciò sussiste la specie minerale « carbonato di calce romboedrico ». Ed infatti essa specie figura nei cataloghi col nome di CALCITE, ed è una delle più belle e diffuse che si conoscano.

8. Se finalmente potessimo identificare i punti neri di bisolfuro di ferro colla sostanza abitualmente costituita nei filoni, nelle rocce, negli ammassi ferrei, in cubi, in poliedri con otto faccie

triangolari, o con dodici pentagone, o ventiquattro trapezoidali, ecc., composta da 46,7 di ferro e 53,3 di zolfo, donde $Fe\,S^2$, accetteremmo anche per essi l'idea della specie mineralogica PIRITE, sebbene la loro tenuità per divisione meccanica c'impedisca di rilevarne la struttura e la forma geometrica; mentre, se dopo di aver analizzato la materia giallo-bruna, vi avessimo trovato del ferro, dell'alluminio, dell'ossigeno, dell'acqua, ma in proporzioni mutabili, senza poter dedurne in alcun modo una qualsiasi regolarità strutturale, concluderemmo a buon dritto che essa, al pari della limonite, deve ascriversi fra le materie inorganiche, non già fra le specie mineralogiche.

9. In conclusione, per lo stesso principio che ci permette di ravvisare piante ed animali nelle sostanze di natura organica solo quando consistano in sistemi di tessuti e di organi *capaci di funzionare fisiologicamente*, quindi con forme speciali, speciali strutture e speciali attitudini fisiche per ogni fase della loro esistenza, non possiamo, considerando la materia inorganica, riconoscervi la SPECIE MINERALOGICA, il minerale propriamente detto, se non quando ci si presenta siffattamente costituita da sistemi regolari di molecole, e di particelle *chimicamente definite*, da funzionare fisicamente con speciali attitudini. Ma ogniqualvolta tali condizioni si realizzino, la specie mineralogica È.

10. Dagli amorfismi dei gas, dei vapori, delle assolute liquidità la materia mondiale concretan-

dosi si dispone a due ordini di funzioni; assorbita da apparati viventi, che procedono da ignote origini, da atti iniziali imperscrutabili, si organizza; libera di obbedire alle polarità orientatrici, cristallizza.

PARTE PRIMA.

UN MUSEO DI MINERALOGIA GENERALE

PETRIFICAZIONI E FOSSILI — LE AULE DELLE COLLEZIONI LE IDEE DIRETTRICI DELLE DISPOSIZIONI IVI ADOTTATE.

11. Eccoci all'ingresso delle aule delle collezioni.

Perchè si collocarono a fiancheggiare la porta quei due grossi tronchi di alberi?

Sono due pezzi di pietra! Freddi, duri, pesantissimi. Appeso ad una cordicella vi è accanto un acciarino. Se li battiamo con questo, si eccitano vivaci scintille!

Uno dei due è un gran pezzo di fusto di palma; forse di *Palmacites Aschersonii,* o di *P. Zittelii*; l'altro, di un caule di conifera; forse di *Nicolia aegyptiaca*, o di *Araucarioxylon aegyptiacum.* Ambidue sono lapidificati, ridotti in enormi masse di selce, quali provengono dal così detto — *bosco petrificato* — dell'alto Egitto, del deserto di Tebe. Eppure furono parti di piante che superbamente vegetarono. La loro configurazione esteriore subì lievi mutamenti. Ma la loro struttura? Che cosa può essere avvenuto di quelle delicatissime fibre, di quei tessuti cellulari, di quei vasi a pareti

punteggiate, tratteggiate, spirali, nei quali, per mezzo di umori e di corpuscoli, svolgevasi il mistero della vita vegetativa?

Sarebbe desiderabile il distaccarne una minima scheggia, per ridurla liscia e sottile, fino a piena trasparenza, e guardarla poi con un microscopio, nel modo istesso con cui guarderemmo uno dei citati tessuti di cellule. Tale desiderio fu previsto. Davanti ad una finestra vedremo collocato il telaio di una lastra di vetro, sulla quale sono fissate alquante lamine tenuissime di legno pietrificato. La luce che ne traspare basta per istruirci sulla loro struttura; e questa difatti, anche ad occhio nudo, abbenchè imperfettamente, ci fa scorgere immutata la struttura legnosa, la modalità delle cellule, dei vasi, delle fibre, in quei legnami petrefatti. Quei tronchi sono il migliore esempio delle vere petrificazioni, solitamente operate dalla silice; petrificazioni, nelle quali tale sostanza si sostituì *molecola a molecola*, con lento e delicato lavoro, a quelle molecole del tessuto organico che andavano dissociandosi ed eliminandosi. La silice, deposta dalle filtrazioni nelle quali era divenuta solubile, ricostruiva da sè sola, o con minimi residui di sostanza organica, il tessuto legnoso in decomposizione, via via che di questo si disperdevano i diretti componenti, carbonio, idrogeno, ossigeno. Il silicio sostituiva il carbonio; l'acqua della silice idrata sostituivasi a quella del tessuto vivente; ma la vita era soppressa; il cadavere si era corrotto; la sua forma, la sua sembianza erano conservate dal processo di *petrificazione*.

12. Le collezioni geologiche, ed in special modo le paleontologiche, contengono esuberanti esempi di altri generi e modi di petrificazione. Ma per lo più la sola forma dei corpi organici, *fossilizzatisi*, vedesi conservata, sia per modellamento o riempimento di vacuità già dai corpi viventi occupate, o esistenti in loro, come nei gusci e nelle conchiglie; o per infiltrazioni di materia amorfa o terrosa. Si vedono così conchiglie, foraminifere, polipai, resti di pesci, ossami, frutti, steli, ecc., metallizzati dall'ossido o dal solfuro di ferro, o di rame, o di argento, o di piombo; o petrefatti dal solfato di calce, di stronziana, di barite, e nel maggior numero dei casi dalla silice e dal carbonato di calce.

Tutti i residui dei corpi organici, conservati dalla petrificazione, ed anche le loro semplici impronte, i loro modelli, le loro traccie, purchè, nella formazione che li contiene giacciano *per opera di cause che localmente più non agiscono*, si dicono FOSSILI.

Superata così una specie di transito dall'impero organico al regno minerale, entriamo.

---

13. Ampie vetrine, e senza cupe profondità, senza situazioni troppo addentrate e nascoste; scevre di superflui ornati, dovendo l'attenzione e l'ammirazione dei visitatori volgersi agli oggetti che in esse furon deposti, stanno addossate alle pareti o allineate nel mezzo di queste aule, dove la luce si diffonde con moderata intensità.

Migliaia di pietre diverse vi stanno accomodate con simpatica eleganza sopra le bianche loro basi, sulle quali si leggono i nomi, le provenienze, le forme caratteristiche dei rispettivi esemplari, non che le numerazioni corrispondenti ai cataloghi generali e descrittivi. Altre sono collocate entro scatole rettangolari, bassissime, pulite, uniformemente ben fatte, che pur contengono un cartellino per la conveniente illustrazione.

Tutti i pezzi, freschi perchè difesi mercè vetri trasparentissimi contro la disastrosa polvere, risaltano sulle tinte fredde, ma scelte con gusto, delle gradinate o dei piani dove essi stanno allineati.

Sono per la massima parte di un giusto formato. Si evitarono, tranne alcune eccezioni di magnifici gruppi cristallizzati, o di particolari strutture, quei pezzi enormi che senza insegnar nulla di più coll'esuberanza del loro volume, ingombrano molto spazio, non si prestano ad ogni modo di collocamento, si maneggiano con fatica, e sono altresì più costosi; compensando appena tali inconvenienti coll'aria di magnificenza che il museo ne ritrae e coll'interruzione esteticamente accettabile della monotona uniformità che dominerebbe, senza di essi, nelle collezioni.

14. Tutto è qui ordinato secondo un'idea.

L'idea è questa: l'assieme delle collezioni speciali, dove, col proprio ordinamento, esporre chiaramente lo stato contemporaneo della scienza; deve esserne in certo modo l'espressione sintetica, concreta; i singoli gruppi debbono essere

distinti, completi corredati da tutto ciò che può contribuire ad illustrarli; ricchi di varietà, poveri di duplicati; condotti, finchè si può, al grado di altrettante monografie, e disposti gli uni presso gli altri secondo un logico ordinamento.

15. Le vetrine di questo museo, rappresentando una vasta opera di mineralogia descrittiva, dove le parole, le figure intercalate e le tavole sono rimpiazzate dai minerali veri ed effettivi: *si susseguono nell'ordine dato alle pagine di un libro:* cioè, partendo da sinistra verso destra. Analogamente da sinistra verso destra sono allineati i pezzi di ogni fila o gradino di ciascuna vetrina; come le lettere di una parola, le parole di una linea scritta o stampata. Le file si percorrono dall'alto al basso, come le linee di ciascuna pagina.

Ciò posto, chiunque non sia analfabeta *potrà leggere* a prima vista la collezione, senza confondersi a cercare il bandolo di artificiosi ordinamenti, che nessuna situazione o distribuzione dei locali potrebbe veramente giustificare.

16. Malgrado la freschezza degli esemplari, e la indescrivibile loro varietà per forme, colori, gradi di trasparenza, di lucentezza, di splendore, certo si è che il museo mineralogico può parere severo di carattere e rigido di aspetto, specialmente a coloro che volessero fare un confronto colle lussureggianti serre di piante tropicali, colle simpatiche collezioni di uccelli impagliati, o di conchiglie, o di coleotteri o di farfalle.

Per chi si occupa di scienza nulla importa che

le collezioni a questa devolute sieno belle o no a vedersi, sieno tali da destare nei visitatori impressioni più o men grate e geniali. Esse sono quali possono e devono essere. In ogni caso, la qualsiasi magnificenza artificialmente predisposta nei locali e nel materiale di una collezione di oggetti naturali resterà sempre infinitamente al di sotto della naturale magnificenza dell'ambiente originario di quegli oggetti istessi; la montagna, il cratere, il burrone, la foresta, la prateria, la riviera, il seno di mare, la scogliera, l'atollo supereranno sempre nella loro intrinseca bellezza, e spesso nel lor pregio per molti studî, qualunque museo classicamente ordinato e monumentale.

17. Circa alle collezioni dei minerali, occorre l'evocazione di conoscenze già acquistate sulla costituzione della materia inorganica ed uno sforzo del pensiero acciocchè questo sottraggasi al volgare pregiudizio che quei «sassi» siano materia inerte, eternamente immutabile; occorre un dato ordine d'idee per ravvisare in ogni pezzo di minerale non solamente l'effetto di attività molecolari che, secondo leggi naturali e mercè quantità e qualità date di atomi e di molecole, ne composero la massa e ne produssero le proprietà caratteristiche; ma benanco la sede di attività permanenti; di moti, di vibrazioni, di tensioni, di polarità, di fenomeni che non possono cessare finchè l'universo sussiste; e che, *potendo soltanto trasformarsi*, predispongono e bene spesso compiono notevoli mutamenti in quei minerali medesimi.

PARTE II.

LE COLLEZIONI PER GLI ELEMENTI DI MORFOLOGIA MINERALOGICA

LE FORME IMITATIVE E LE STRUTTURE MACROSCOPICHE [1] NEI MINERALI.

18. Le forme e i caratteri macroscopici esterni dei minerali, si scorgono bene attraverso i vetri dei loro armadi. Vediamo difatti nella grande maggioranza dei multiformi esemplari prevalere le forme di *poliedri* più o meno regolari, voluminosi e nitidi, aggruppati fra loro in mazzi, in fasci, in irraggiamenti addossati alle loro matrici pietrose, annidati nelle cavità, distesi sulle superficie delle screpolature; ovvero li vediamo compenetrati fra loro con singolari disposizioni, allineati in sistemi con uniformi orientazioni.

Tutti sono *faccettati*. Sono prismi e piramidi, cubi, ottaedri e parallelopipedi. Sui loro angoli, sugli spigoli loro, appariscono minori faccette, colle quali quasi si incorniciano altre faccie. Siamo in presenza dei CRISTALLI.

19. Accanto a questi poliedri, a questi cristalli, a queste nobiltà del regno de' minerali,

[1] Da *macron* grande, e *scopeo* osservare.

stanno alquanti esemplari rozzamente conformati e sbozzati a colpi di martello per dar loro conveniente la dimensione, tollerabile l'aspetto dal sentimento estetico del collezionista. Essi pure possiedono notevoli strutture. Risultano palesemente di aggregati intimi di poliedri, incompleti e imperfetti, poichè la reciproca e stretta loro interposizione si oppose ad ogni libertà di simmetrica faccettatura. Ma sulle superficie di tali masse e sulle spezzature che ad arbitrio vi si possono produrre appariscono piane, lucide, variabilmente estese le miriadi di faccette, sia con disordinata distribuzione, sia con determinate orientazioni e con evidenti parallellismi.

Queste sono le masse spatiche o spati; sono i minerali a struttura lamellare o finamente cristallina. Le quali masse, nelle sostanze bianche, come il marmo statuario, il gesso candido, il solfato di barite puro, pigliano aspetto saccaroide, o ceroide, o niviforme. E se vogliamo tener conto di queste modalità di strutture, le moltitudini di altre pietre ci si presenteranno ora quali fasci di fibre delicate e flessuose come seta, o rigide, diritte e acute come aghi, come verghette; ora come irraggiamenti piani o sferoidali di prismi finissimi, o di lamelle (fig. 2), come intrecciamenti

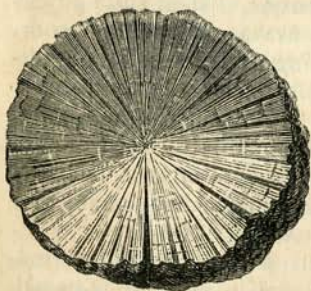



Fig. 2.

di fasci e di ramificazioni, ora come adunamenti a corolla di fogliette esili e frastagliate; vale a dire ci daranno gli esempii delle strutture fibrose, capillari, acicolari, bacillari, raggiate, lamellari, intrecciate o reticolate, dendritiche, fogliettate; ovvero le vedremo in forma di disegni sulle super-

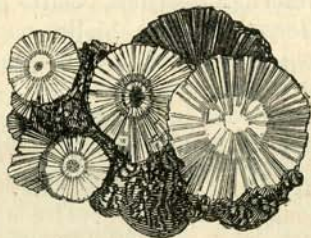



Fig. 3.

ficie di frattura di quelle pietre, a guisa di rosoni, di stellette, di coccarde, con zone concentriche e di varia coesione e colorazione (fig. 3), ovvero come rilievi tondeggianti, incompletamente sferoidali, dati dalla divergenza in ogni direzione, da un punto centrale, di elementi aghiformi o lamellari, di eguale lunghezza, ciò che costituisce le strutture fibro-raggiate, e le superficie talvolta grandiosamente mamillonari (fig. 3 bis).

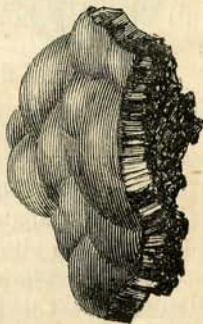



Fig. 3 bis.

20. Vedremo talune curiose pietre a forma di

pagnotte, di glebe discoidi lenticolari o ovoidali, brune o grigiastre di colore, lisce o cosparse di bizzarri rilievi, o incrostate di sassolini, di granuli. Se potessimo agitarle, sentiremmo un rumore come di qualche corpo duro scosso in una scatola. E difatti, quelle che sono aperte da apposite o casuali rotture, si presentano quasi vuote. Dalle loro interne superficie vestite di straterelli di ocra di ferro bruna e gialla, sogliono staccarsi frantumi pure ocracei; sono questi che producono quel rumore nei pezzi non rotti.

Queste pietre sono le Oetiti, o Pietre d'Aquila. Sono prodotte da falde di pasta argillosa, ferruginosa, distaccate, attondate, lisciate dalle acque scorrenti; consolidate all'esterno in crosta dura e resistente, dal facile prosciugamento, che nel tempo stesso faceva lentamente contrarre per diminuito volume la massa centrale, donde la cavità nell'interno, e la presenza di frantumi, dovuti allo screpolamento inerente all'avvenuta contrazione.

21. Arrivati dinanzi a taluni sassi attondati, globosi, ovoidali, di aspetto grossolano, di fosco colore grigiastro, bernoccoluti o intaccati sulle scabre e ruvide superficie, crederemmo perduto il tempo a considerarli; ma ve ne sono alquanti nei quali il trapano e il martello praticarono una rottura. Sono vuoti internamente; la cavità può essere così ampia da ridurre la massa pietrosa ad una crosta di tenue spessore. Questa cavità è coperta di cristalli (figura 4), è ingemmata dalle splendide piramidi del quarzo, dell'ametista; le delicate colorazioni violette, rosee, brune, appa-

riscono fra il luccicare delle faccette e fanno passaggio alle sfumature degli straterelli di agata ai quali i cristalli aderiscono, e dei quali componesi la parte corticale ed esterna. Sono le classiche modalità delle Geodi.

Nella collezione che guardiamo ve n'è qualcuna ancora aderente ad un pezzo della roccia matrice, dove essa potè formarsi. Ciò agevola la spiegazione del loro modo di origine. Questa roccia è di natura eruttiva, idroplutonica: vale a

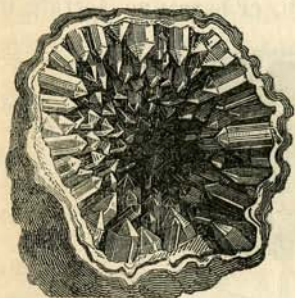



Fig. 4.

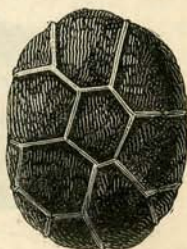



Fig. 5.

dire, emerse dalle regioni sotterranee con alta temperatura, ma sotto l'influenza, se non per l'esclusiva violenza, del vapore acqueo. La tensione di questo vapore, diffuso nella roccia, vi produsse ampie bollosità, vacui e porosità comunicanti, che l'indurarsi della massa per raffreddamento, tanto più rapido, se l'emersione fu sottomarina, mantenne. L'acqua, poco a poco, invase le porosità, riempì quei vacui, vi addusse sostanze disciolte, segnatamente la silice; questa, idrata e gelatinoide, si depose sulle loro pareti, come intonaco

di vario spessore nei diversi casi; successivamente si attivarono le azioni molecolari; parte della silice divenuta anidra e cristallina, generò gl'ingemmamenti di cristalli di quarzo ametistino; parte si ridusse in durissima agata, e formò la crosta e le pareti della geode, di cui la forma e la superficiale scabrezza non sono che la ripetizione della forma e della condizione superficiale della cavità originaria.

22. Altre pietre, pur conformate a glebe ellissoidali, ovoidi o discoidi, ci parranno serrate in

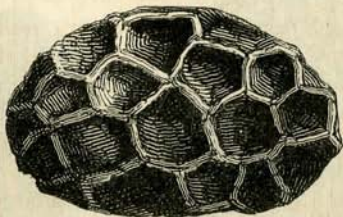



Fig. 6.

una rete di cordicelle a larghe maglie, irregolarmente poligone (fig. 5), per lo più biancastre e dure; mentre altre, scavate su tutta quanta la loro superficie da incavi che paiono fatti da tronchi di piramidi, irregolarissime, e contornati da semplici diaframmi pianeggianti ci ricorderanno l'apparenza di un favo di vespe (fig. 6). Sono le così dette Septarie o Pietre geometriche, i *Ludus Elmontii* degli antichi naturalisti,

Quale ne fu il modo di formazione? Semplicissimo; sono glebe originariamente fangose, plastiche, rammollite finchè impregnate di acqua, con-

solidatesi alla superficie, poi *screpolate*, contraendosene il volume per disseccamento.

Tutti sappiamo come si screpolano i sedimenti limacciosi, le bellette *a secco* dei fossati e degli stagni. Ma nelle glebe a pagnotta si produce lo screpolamento secondo piani irregolari, che s'intersecano con una tal quale simmetria. Ciò avvenuto, se le possibili filtrazioni di acque v'introducono, in progresso di tempo, qualche materia incrostante (calcare, silice, argilla ferrugginosa, manganite, ecc.), questa materia potrà *risaldare* la massa rilegandone i segmenti; e se la materia che riempie le screpolature sarà, come difatti suole essere, più dura della pasta originaria, avverrà che appena quella pasta sia in parte asportata da una superficiale corrosione, si formeranno dei rilievi a guisa di rete avvolgente con maglie poligone.

23. Se guardiamo a poca distanza dalla scansìa, vedremo messa a far parte del gruppo di tali septarie una quantità di pietre, le cui illudenti configurazioni di frutta e di parti lapidificate di animali o di oggetti strani, per lo più derivano da concrezioni calcari, da cementazioni localizzate di materie sabbiose. Tali pietre, cui solo la fantasia può assegnare rassomiglianze e definizioni, si presentano spesso come aggregati di globosità con strutture fibroso-raggiate, con superficie mammellonate, lisce o irte di sporgenze cristalline. Sono gli ARNIONI O ROGNONI, che il volgo suol chiamare SCHERZI DI NATURA.

24. In mezzo a queste *curiosità* del regno minerale, sogliono destare piacevole sorpresa le

delicate ramificazioni che gli ossidi idrati di ferro e di manganese disegnano sulla superficie delle pietre, o nelle sottili fessure di queste; (fig. 7), ramificazioni analoghe a quelle che il vapor acqueo, congelandosi sui vetri, pei freddi invernali, vi disegna. Sono le DENDRITI. — Certe agate semidiafane includono talvolta graziosissime dendriti; e qui nella collezione se ne vedono di assai belle, appositamente assottigliate e lavorate a polimento. — Anche questi mirabili esemplari di oro nativo, di argento, di rame, che paiono gruppetti di foglie di felce, questi ciuffetti di filamenti di argento, queste apparenti vegetazioni lapidee di calcare, queste scheggie che si direbbero coperte di verdissimo musco e lo sono di fosfato piombico (piromorfite); questi flessuosi e complicati intrecciamenti di cilindretti a sezione fibroso-raggiata (fig. 8), bianchissimi, o azzurrognoli, o verdi, di aragonite o di calamina, somiglianti a certe produ-

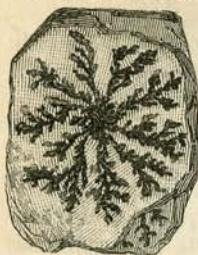



Fig. 7.

Fig. 8.

zioni madreporiche o coralligene, sono altrettante **forme imitative**, altrettante manifestazioni delle forze molecolari cristallogeniche, che si vollero distinguere colle denominazioni di **felciformi, capillari, muscoidi, coralloidi,** e via dicendo.

25. Ma tutto non finisce qui per la morfologìa delle pietre.

Fra cento forme diverse di **concrezioni** prodotte dal carbonato di calce, che si depone dalle acque calcarifere, ecco le sferule tonde o ovoidi, lisce o scabre, libere o cementate (fig. 9), grosse

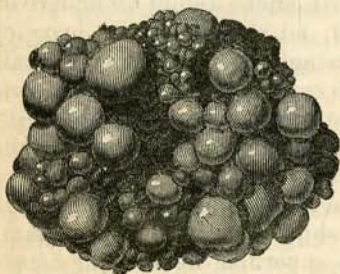



Fig. 9. Fig. 10.

come uova, o come confetti di ogni qualità, la cui interna struttura è a strati concentrici ed a fibre irraggianti dal centro (fig. 10). Sono le PISOLITI. — Sogliono formarsi presso le cascatelle o gli zampilli delle acque fortemente calcarifere.

Dalle pisoliti facilmente si passa alle congerie di minimi globetti così piccoli ed uniformi da far venire in mente le uovicina de' pesci, e che, accumulandosi nei depositi limacciosi, calcarei, silicei, ferruginosi, ecc., pel concorso probabile di

azioni molecolari, di funzioni di minimi organismi, di secrezioni, costituiscono, colle loro enormi masse stratificate, gran parte di taluni sistemi di montagne nelle diverse regioni del globo. Queste si dissero OOLITI.

26. Dopo di che riesce ovvia e prevedibile la presenza, in questa stessa serie, di quelle masse coniche o cilindroidi, lisce o bernoccolute, piene o tubolate, e raggiatamente cristalline formate di concrezioni calcaree, e pendenti dalle vôlte, isolatamente ed a fasci; vale a dire le STALATTITI. Penetrando in una caverna, possono studiarsi in posto. Vi sono, infatti, anche taluni esemplari di quei rilievi analoghi, ad apice cavo, a margini orlati da cercini frastagliati e irregolari, i quali rilievi sorgono nelle caverne a stalattiti, perpendicolarmente al di sotto di queste, e sono dette STALLAGMITI; vi si connettono quegli intonachi alabastrini o dendritici, che in generale, a guisa di ampi panneggiamenti si distendono sulle pareti degli stessi spechi, e così quei veli diafani, che formandosi alla superficie delle acque calcarifere, tranquille, cadono al fondo gli uni dopo gli altri, si sovrappongono e si riuniscono in guisa da simulare certe paste sfogliate, avendo però la struttura nitidamente cristallina.

27. Per chi seriamente studia la mineralogia; per chi si propone quali precipui obbiettivi di esatte ricerche la composizione molecolare delle specie, la struttura, le proprietà, le costanti e le forme poliedriche dei cristalli, sono ben poco interessanti queste varietà morfologiche, delle quali è facile sorprendere il meccanismo efficiente, e

la cui produzione, *caratterizza piuttosto l'ambiente dove poterono costituirsi e il processo cui dovettero adattarsi le particelle cristalline,* di quello che la sostanza minerale cui queste particelle veramente appartengono.

Qer quanto strane, singolari, eleganti possano sembrarci quelle forme i m i t a t i v e dei minerali, resta sempre affatto secondaria la loro importanza, resta sempre subordinatissimo il loro significato scientifico.

Ma, passate così rapidamente in rivista, dopo di aver veduto primeggiare nelle raccolte delle specie minerali la geometrica regolarità dei cristalli, e notando bene questo fatto, che cioè: *tutte le forme imitative derivano, in modo più o meno diretto e evidente, dalle stesse forze attrattive, e dalle stesse attività orientatrici, donde i cristalli traggono la loro propria esistenza,* esse verranno a confermarci che le attività molecolari cristallogeniche rappresentano le massime energie nella fisica del globo, e le cause prime dei fenomeni massimi del mondo inorganico.

PARTE III.

IL LABORATORIO DOVE SI ANALIZZANO CHIMICAMENTE I MINERALI

APPARATI E UTENSILI. — MODI PREFERITI DAI MINERALISTI PER ISTUDIARE LA COMPOSIZIONE DELLE SOSTANZE INORGANICHE.

28. Siamo arrivati così al punto di doverci occupare della *costituzione chimica* e della *struttura cristallina* dei minerali; vale a dire delle due condizioni principalissime dalle quali, dicemmo, risultano affermate e qualificate le specie in mineralogia.

Dunque, prima di volgerci al gabinetto degli apparati per lo studio fisico dei cristalli, penetriamo nel laboratorio dove sono radunati e pronti pel loro servizio gli apparecchi, gli utensili e i reagenti per le analisi chimiche; tutta insomma la suppellettile occorrente per cercare e determinare quali atomi stanno nelle molecole di un minerale non peranco sicuramente conosciuto; quale può esserne la formula di composizione; quale il tipo chimico a cui devesi riferire, classificandolo.

29. Questo che vediamo è un laboratorio per la chimica mineralogica, discretamente fornito; non solo le analisi *qualitative* (per conoscere quali

elementi compongono un dato minerale); ma benanche talune determinazioni *quantitative* (per sapere in quali rapporti ponderali gli elementi componenti vi si trovano combinati), potrebbero ivi condursi a compimento.

Qui sono fornelletti a gas, a carbone, di metallo e di terra refrattaria; ed una fucina portatile, con cilindro soffiante. Sui tavolini corredati di manticetti stanno le lampade da smaltatori; vi è un gazometro, un aspiratore, una vasca idropneumatica, ed una vaschetta a mercurio; una pompa pneumatica, ed una buona bilancia; inoltre una ricca cassetta di reattivi puri in soluzione, ed una serie copiosa di reattivi solidi nei loro vasetti di cristallo smerigliato. Vi è un ottimo spettroscopio, completo, ed un apparato di Mohr per qualche analisi volumetrica.

Un armadio contiene un sufficiente assortimento di piccoli matracci e palloncini di vetro, di piccole storte, d'imbuti, di cristallizzatoi, di capsule, di provini e tubi d'assaggio, di vasi di Woolf, di boccette a tappo smerigliato, di burette graduate, di pipette, tubi di Liebig, termometri, canne di vetro, e tubi barometrici, di crogiuoletti diversi per qualità e dimensione; di lampade ad alcool, di utensili in ferro e via dicendo.

Un asse a muro sostiene una serie di martelli da mineralogista.

Un apposito tavolino, cui sta sovrapposto un piccolo armadio a cassettini, e cui sottostà un manticetto a pedale, è situato nell'angolo più oscuro e quieto della stanza; serve esclusiva-

mente per le ricerche col cannello ferruminatorio. In quei cassettini stanno tubi di vetro, fili di platino, sostegni di carbone, pinzette, reagenti, ecc., che a tali ricerche occorrono.

A tutto rigore il mineralogista, che raccoglie i minerali e ne studia la natura chimica solo per riescire a classificarli, presumendo di aver da fare, in generale, con sostanze già analizzate esattamente, non è tenuto a presentarci come suo speciale laboratorio che un astuccio apposito, comodamente portatile.

La cassetta detta di Plattner offre il più completo esempio del genere; ed i così detti «nécessaires» di Berzelius, di Haüy, di Kenngott, di Salè ed altri sono riduzioni economiche di essa.

Togliamola dalla busta di cuoio che la difende in viaggio e che di fuora porta gli astucci delle boccette degli acidi azotico, cloridrico e solforico, che sarebbe imprudentissimo collocare nell'interno.

È una bella cassetta di mogano, di circa centimetri 15 × 20 × 30.

Aprendola si vede in un compartimento superiore, mobile, imbottito, una moltitudine di utensili. Primeggia il cannello ferruminatorio (*chalumeau*), con i suoi sostegni ed i suoi accessorii, ad esempio, pinzette a punte di platino, un cucchiaino di platino per le fusioni col bisolfato di potassa, fili, spatoline, laminette, ecc., dello stesso metallo. Vi sono piccole graticole, piccoli vagli, una lente montata, una scala di Plattner incisa in avorio, per gli assaggi delle galene argenti-

fere, due coppie di capsuline di peso identico, in metallo dorato, in corno, per le pesate alla bilancia; diversi stampi di legno duro per coppelle, capsuline refrattarie, o di carbone, ed altri piccoli arnesi.

Tolto il primo piano, o compartimento superiore, si scoprono due cassettine. Una di esse, lunga, profonda, scoperta, è piena di tubetti di vetri, chiusi o no, affilati o rigonfiati; di coppelline di carbone o di ceneri d'ossa, di vetrini di orologio, ecc. Vi sono le scatolette da carte reagenti ed altre utili cose. L'altra è rettangolare, bassa, chiusa; vi stanno, in due file di astuccetti di legno ben torniti, le polveri dei reattivi puri che s'impiegano nelle ricerche col cannello ferruminatorio; più le spatoline, i cucchiaietti di corno, ecc., per pigliarne le piccole dosi occorrenti.

Sotto di questa cassettina ve n'è una perfettamente simile, ma vi stanno invece incastrati parecchi utensili; un martello, un massello d'acciaio, lime, raspe, forbici, coltello, sega, bulini, sbarra calamitata, stampi, perforatori e incavatori del carbone, dei crogiuoletti e delle coppelle, pinzette e tenagliette ed altri analoghi.

Finalmente, sul fondo della cassetta vi sono il mortaio di Abich, in acciaio; un mortaino d'agata; una forma in bronzo di coppelle e crogiuoletti; un astuccio da tavolette di carbone; la lampada Berzelius per il cannello; la boccia da olio con turacciolo a vite, un fornellino di lamiera, pure per il cannello, un sostegno articolato, ecc.

Colla cassetta di Plattner, e dentro il medesimo

astuccio di cuoio, si può avere una buona bilancetta da assaggi, sensibile al milligrammo, fino alla carica di venti grammi, i cui pezzi in ottone sono completamente dorati; la sua vetrina, i suoi pesi ed altri accessorii, si accomodano, smontandosi, in una scatola molto appiattita, lunga e larga quanto una delle faccie laterali della cassetta medesima.

30. Qualunque sia il genere di cannello ferruminatorio che si voglia preferire, dal primitivo « chalumeau » a fiato, di cui vediamo qui preparati sottomano i diversi modelli (fig. 11), al dardo del gas ossidrogene, solamente impiegato per le altissime temperature, per le fusioni e volatilizzazioni di corpi refrattarii, sono sempre facili, eleganti, rapide le pratiche che mercè di tal semplicissimo strumento conducono alla conoscenza degli ossidi e dei composti ossidabili della maggior parte dei metalli noti.

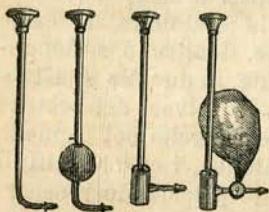



Fig. 11.

Ogniqualvolta lo sperimentatore sappia mantenere, usando il cannello, non interrotto dagli atti respiratorii il soffio, ed ottener quindi, proiettandolo nella fiamma di un lume, un bel dardo, continuo, tranquillo, acuminato, azzurro e diafano, con una linguetta luminosa nel suo asse, nulla di meglio avvi che il cannello a fiato. Il soffio non affatica, perchè la respirazione proseguesi

comodamente *deglutendo l'aria inspirata* dalle narici, e spingendo fuori dal cannello quella immagazzinata via via nelle guancie gonfiate; l'umidità del fiato, che potrebbe interrompere il getto e mandar degli spruzzi nella fiamma, si condensa nei piccoli serbatoi che i cannelli perfezionati recano presso la piegatura a 90°, cui fa seguito l'apice più assottigliato.

Ma se il mineralogista sia debole di petto, inesperto al soffiamento continuo; se voglia avere

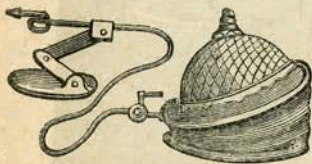
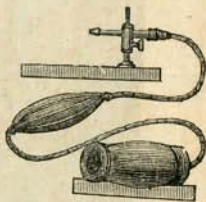



Fig. 12. Fig. 13.

libere ambo le mani lavorando, ed attivare prolungatissimi riscaldamenti per le riduzioni più difficili, ecc., può ottimamente valersi dei cannelli ferruminatorii a manticetto, de' quali vediamo qui i modelli proposti dal Fletchter (fig. 12), e dall'Hassenfratz (fig. 13), per soffiare nelle fiammelle ad olio, o a stearina; ovvero può adoperare il dardo a gas commisto all'aria per mezzo di tubi addutlori, riuniti verso la loro estremità dove si riducono concentrici, e muniti, a portata della mano dell'operatore, di robinetti regolatori. Accesa e ben disposta una fiamma, possiamo ottenerne subitamente il dardo; questo è *ossidante*

al caldissimo suo apice (fig. 14), e *riducente* presso l'estremità interna e luminosa del suo asse.

Con una pinzetta a punte di platino possiamo tener immersi per alcuni istanti nella parte azzurra e diafana del dardo i piccoli minuzzoli di un minerale in via di studio; ovvero possiamo scaldarli, ma difesi dal contatto della fiamma, in-

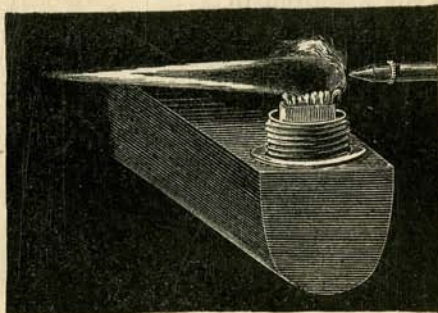



Fig. 14.

troducendoli in tubetti di vetro aperti o chiusi ad un estremità. Con dei bastoncelli di carbone, che serviranno pure di sostegno recando piccole cellette scavate, possiamo tenere al fuoco i globuli ben secchi, fatti impastando la polvere grossolana del minerale con carbonato di sodio. Il dardo li scalderà fortemente nelle loro cellette in mezzo alla combustione del carbone che vi si accende, e così in un ambiente di riduzione molto facilitata. Un filo di platino, piegato in cima ad uncino o ad anelletto di due o tre millimetri, servirà per esporre a quel dardo i grumetti di polvere di un composto facilmente vetrificabile, per

avere una perlina vetrosa, incolora, limpida, nella quale un minuzzolo del minerale potrà indurre colorazioni distinte e caratteristiche.

31. Ciò posto può accadere:

1.° Che i frammenti, esposti colle pinzette a punte di platino alla fiamma, si fondano facilmente, o con difficoltà, o sieno refrattarii; che si volatilizzino, o sieno fissi; che decrepitino, che risplendano di viva luce; che inducano nella fiamma stessa le colorazioni gialle, violette, aranciate, cremisine, rosse e verdi con varie gradazioni, ecc., secondo che contengono rispettivamente i composti, non fissi, di sodio, di potassio, di calcio, di litio, di stronzio, di bario, di rame, taluni fluoruri, tellururi, l'acido borico, ecc. [1]

2.° Che nei tubetti chiusi ad una estremità, i frammentini scaldati, soli o con opportuni reagenti, svolgano vapor acqueo, vapori mercuriali, di iodio, di cloro, di bromo, odori sulfurei, arsenicali, bituminosi, ecc., tutti facilmente riconoscibili; e che nei tubetti aperti producano, inoltre, sublimazioni che si condensano dove il tubetto cessa di essere caldo, in forma di anelli cristallini, o di patine di color nero, o bianco, o rosso, giallo, grigio, o di apparenza e lucentezza metallica, ma sempre di assai facile deteminazione.

3.° Che le sferule di un minerale, di cui i frammentini si son fusi al dardo sul carbone, coll'aggiunta di un poco di carbonato di sodio, *si ridu-*

---

[1] La colorazione data dal potassio può risultare dissimulata dalla presenza del sodio. Apparisce distinta guardando la fiamma attraverso di un vetro azzurro.

cano, dentro le loro cellette di carbone incandescente, in globuli metallici, facili poi a separarsi dal carbone stesso, triturando e lavando, ed a riconoscersi per globuli d'oro, d'argento, di rame, di piombo, di stagno, di bismuto, di antimonio, a seconda del minerale metallico esplorato. Se le sferule contengono del piombo, o del cadmio, o del bismuto, apparisce intorno ad esse, mentre si scaldano sul carbone, una patina sfumata, gialliccia; se contengono antimonio, essa è bianca e cristallina.

4.° Infine può avvenire che la perlina limpida, incolora, vitrea, quale suol ottenersi nell'anelletto terminale del filo di platino con il sal borace, o col sale di fosforo (fosfato di soda e di ammoniaca), in contatto di pochi corpuscoli della polvere minerale, si colori distintamente; ed allora, osservando con avvedutezza, spostando la perla fusa nella fiamma, inducendovi mercè l'impulso di questa un moto vivamente rotatorio, attivando l'ossidazione o la riduzione, si possono realizzare, *per ciascuna qualità di perla*, quattro criterii concorrenti al riconoscimento del metallo dominante nel minerale che si studia; cioè: il colore acquistato dalla perla a caldo, nella fiamma ossidante; quello, acquistato dalla perla, nella fiamma riducente; e le variazioni rispettive dei due colori, quando la perla siasi completamente raffreddata. (Vedi Tav. I.) Adunque, per ciascun composto che si esamina, date le perle di borace e di sal di fosforo, si hanno, con questo solo processo, *otto dati di riconoscimento*; i quali, associati alle colorazioni della fiamma, alle sublima-

zioni, allo svolgimento di odori, di vapori, alle riduzioni sul carbone, con patine e senza, dànno esuberante modo di compiere le volute determinazioni.

32. Il rapido sguardo che potemmo dare al laboratorio, nel suo assieme, basta per farci comprendere che nelle ricerche per *via umida* il mineralogista impiega i mezzi stessi del chimico analizzatore; tutto al più riducendo alle minime comportabili dimensioni i recipienti e gli utensili, per poter agire, occorrendo, sopra piccolissime quantità di materia minerale.

Siccome per altro vedemmo là un apparato a burette graduate, detto « di Mohr », e qui in questo armadio di apparati vediamo uno spettroscopio, così dedurremo facilmente che le ricerche quantitative coi metodi volumetrici, *o dei liquidi titolati*, e quelle spettroscopiche, facendo volatili ad alta temperatura i corpi che si studiano, o ricavandone soluzioni limpide colorate, sono anch'esse praticate dai mineralogisti. Le prime si basano su questo principio:

Se V centimetri cubici (o frazioni di c. c.), di un liquido reagente precipitano, *riducendolo in composto insolubile*, P grammi (o frazioni di grammo), di un dato corpo; se da una soluzione nella quale questo corpo si trova in ignota dose, esso è precipitato c. s., da V' c. c. del liquido suddetto, si avrà la proporzione:

$$V : P = V' : x$$

dalla quale il valore di x può immediatamente ricavarsi, a rappresentare la dose cercata.

33. Le ricerche spettroscopiche si basano, come è noto, sulla comparsa nello spettro di una fiamma a spettro continuo, di righe colorate, allorchè nella fiamma intervengano dei vapori metallici. Queste righe son corrispondenti a quelle nere di Frauenhofer nello spettro solare, ma sono colorate; ed il loro colore, il loro numero, la loro posizione rispetto alle righe di Frauenhofer, variano da un corpo all'altro, mentre sono invariabili per cadaun corpo semplice. Se il vapore metallico, che induce certe date righe colorate, non investisse la fiamma luminosa, ma fosse invece interposto fra questa e lo spettroscopio, le righe, *non mutando di posizione*, apparirebbero oscure. Ciò dimostra che le righe nere di Frauenhofer, nello spettro solare, son dovute ai vapori metallici della atmosfera gassosa esterna del sole; sono righe di assorbimento.

Ciascun metallo ha le sue proprie righe, che perciò ne sono caratteristiche. Una riga gialla vivace, corrispondente alla nera *D* dello spettro solare, dimostrerà positivamente che nella fiamma è presente il vapore di sodio; due righe principali, una rossa (vicinissima ad *A* dello spettro solare) e una violetta (verso *H*, c. s.) indicano il vapore di potassio, due righe distintissime, una rossa dopo la *B*, una di color aranciato, avanti la *D* dello spettro, indicano il litio; un fascio di quattro righe rosse, ed una gialla, ed una azzurra isolata rivelano lo stronzio; due azzurre brillanti, il cesio; una azzurra, una violetta, l'indio; due rosse brillantissime e due violette il rubidio, e così via dicendo.

34. L'analisi spettrale, non solo agevola la conoscenza dei composti minerali ordinarii della crosta terrestre; non solo permette di distinguere la natura chimica delle atmosfere incandescenti del sole e delle stelle, ma conduce altresì alla scoperta di nuovi elementi nella composizione del nostro globo e della vasta diffusione, in proporzioni tenuissime, di molti fra quelli che finora dovettero credersi estremamente rari, ed affatto localizzati in pochi e quasi privilegiati giacimenti.

Noteremo infine, prima di uscirne, che nel laboratorio chimico del mineralogista si tentano con sommo profitto della scienza le riproduzioni artificiali delle sostanze minerali cristallizzate, con processi dei quali dovremo più avanti interessarci.

PARTE IV.

IL GABINETTO DOVE SI STUDIA LA FISICA DEI MINERALI

LE QUALITA' ORGANOLEPTICHE DEI MINERALI
LA CRISTALLIZZAZIONE — I CRISTALLI — LE FORME PSEUDOREGOLARI.

35. Riservato alle delicate ricerche della fisica mineralogica ed alla custodia degli apparati per le esperienze, e degli strumenti di precisione, vieppiù perfezionati per applicare alla storia naturale dei cristalli gli alti portati della scienza, questo gabinetto offre le condizioni desiderabili per lo studio delle fisiche proprietà indotte nei minerali dalle energie della elettricità e del magnetismo, del calore, sopratutto della luce, e dai moti molecolari; inoltre, per valutare esattamente i pesi specifici, i gradi delle durezze, talune qualità organoleptiche, ed in ispecial modo per la misurazione coi goniometri, dei valori angolari nelle incidenze delle faccie piane nei poliedri cristallini.

36. Non ci occuperemo molto delle qualità organoleptiche: il tatto, il sapore, l'odore, la sonorità, si apprezzano e si descrivono nei minerali, come in qualunque altra categoria di oggetti, palpandone le superficie *liscie, scabre,*

ruvide, *saponacee*, ecc., secondo i casi; annasandoli dopo averli stropicciati, scaldati, inumiditi; assaggiandoli in minime dosi sulla lingua per riconoscere, in quelli che sono solubili, il sapore, che sarà: *salato*, *amaro*, *stittico*, *metallico*, *aspro*, *astringente*, *alcalino*, *caustico*, *bruciante*, *acido*, *dolciastro*, ecc., al variare della sostanza.

Vi sono pietre sonore, come p. es. il marmo campanino di Serravezza, le grandi lastre di fonolite. Un grosso gruppo di cristalli, di salmarino, nel museo di Bologna, è squillante come può esserlo una coppa di cristallo.

Curiosa è la proprietà dell'allappamento. Tocchiamo colla lingua, o colle labbra umide pezzi, di magnesite o schiuma di mare, di terra di Colonia, di terra bolare; assorbendo l'umidità vivamente essi vi aderiscono con grande tenacità.

37. La fisica insegna come, mercè gli apparecchi qui riuniti in apposito armadio: bilancia idrostatica, areometri, boccette di Gay-Lussac, dette a volume costante o *picnometri*, e con una buona e sensibile bilancia, si determini il *peso specifico* dei corpi.

Ricorderò qui soltanto il principio su cui si fonda l'uso della boccetta a volume costante.

Pesata che siasi questa boccetta, piena esattamente di acqua distillata, il cui livello arriverà ad un punto dato del turacciolo, perforato da un tubo capillare, e presa la temperatura ambiente, si registra questo peso, che resta sensibilmente costante.

Se si prende una certa quantità di minerale in pezzettini abbastanza piccoli per entrar facil-

mente nella boccetta, ma non in polvere, cui aderiscano con tenacità le bollicine di aria (per esempio, 2 grammi), e si pone sul piattello della bilancia accanto alla boccetta, si avrà il peso di questa, più 2 grammi; chiamiamo *P* questo peso complessivo. Se dipoi si gettano i pezzettini nella boccetta, ne uscirà, traboccando, un volume del minerale così introdotto. Dunque il peso *P* diminuirà di un peso che è quello appunto di un volume di acqua eguale al volume del minerale in esperimento; e siccome il peso specifico di un corpo è il rapporto del peso di un qualsiasi volume del medesimo *col peso di un volume eguale di acqua distillata*, così basterà dividere il peso del minerale (2 grammi nel caso supposto), per la diminuzione verificatasi nel peso *P*, dovuta al traboccamento dell'acqua dalla boccetta quando vi si getta il minerale, per avere la cifra che rappresenta il peso specifico di questo.

Son assai facili le precauzioni necessarie per avere tal cifra vicinissima al vero.

38. Per il grado della *durezza*, cioè della resistenza alla scalfittura, si tenta d'incidere le superfici con punte d'acciaio o con corpi di durezza già nota; meglio con gli *sclerometri* a pesi ed a trazione. Ecco la *scala delle durezze* o di Mohs, i cui dieci termini dal minerale più tenero (talco) al più duro (diamante), rappresentano dieci gradi *progressivi* di durezza e con essi facilmente si esplorano, e secondo direzioni date, le durezze dei minerali che si vanno studiando.

La scala di Mohs è fatta da minerali assai comuni, cristallizzati, quasi tutti suscettibili di aver

facce piane di sfaldatura, e angoli vivi, e poco costosi, tranne il diamante; sono:

Talco - Selenite - Calcite - Fluorina - Apatite - Feldispato - Quarzo - Topazio - Corindone - Diamante.

Con lamine tagliate nei cristalli di diversi minerali si studia l'*elasticità*, considerata non tanto come attitudine ai temporanei cangiamenti di forma, che cessano al cessare delle azioni che li producevano, quanto come modalità di vibrazione fatta sensibile dai suoni che la vibrazione medesima vi provoca; ed ecco alcuni saggi di minerali tenaci (Gìada, Sausurrite, Bustamite in massa, Petroselci, ecc.), difficili a spezzarsi col martello, ad infrangersi con potenti pressioni; altri di minerali malleabili, che agevolmente si appiattiscono se percossi, e posson ricevere le impronte del conio.

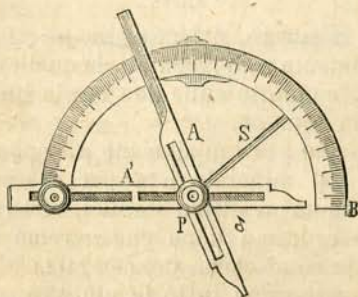



Fig. 15.

39. Goniometri di differenti modelli, dal più semplice, *a compasso*, detto G.° di Haüy o di

Carangeot (fig. 15), quelli detti *a riflessione*, di Wollaston (fig. 16), di Mitscherlich, di Babinet, ed ai grandi modelli perfezionati dal prof. R. Fuess di Berlino e dal prof. E. Jünger di Copenaghen,

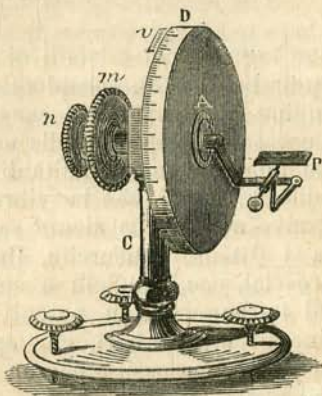



Fig. 16.

servono a misurare, nei cristalli, gli angoli diedri generalmente rappresentati da quelli delle perpendicolari condotte sulle due faccie incidenti in uno spigolo comune.

Vedremo più oltre quali siano gli apparati adopratissimi dal mineralogista per osservare nei cristalli i fenomeni ottici, termici, elettrici e magnetici; lo vedremo dopo che avremo fatta più davvicino la conoscenza dei CRISTALLI. E siccome a questi convergono tutte le più alte considerazioni della mineralogia, così procederemo immediatamente ad esaminarli, e più completamente che ci sarà concesso.

LA CRISTALLIZZAZIONE. — I CRISTALLI.

40. Che cos'è la Cristallizzazione?
Che cosa sono i cristalli?

Ecco due domande che pajono discrete nella loro ingenua semplicità e che sono invece formidabili per chi debba rispondervi con chiarezza e con poche parole.

La collezione speciale di Cristallografia che ci si svolge dinanzi, colla lunga e doppia serie delle sue vetrine, ampie ed illuminate, sul cui piano lievemente obliquo dinanzi all'osservatore, che tutto domina coll'occhio dall'assieme alle più minute particolarità, pare che spontaneamente risponda col suo muto ma eloquente linguaggio: la Cristallizzazione è il fenomeno pel quale naturalmente si generano i poliedri, spettanti ai composti chimici definiti. I cristalli sono appunto questi poliedri.

Ed in tale enunciato noi possiamo sottintendere:

La cristallizzazione e l'effetto immediato delle attrazioni molecolari e delle loro polarità orientatrici, inevitabilmente proprie della materia *nello stato di reale solidità.*

Essa rappresenta il primo fenomeno mondiale della condensazione, in particelle solide e predisposte ad ulteriori aggregamenti, delle nebulosità rarefatte, e poi liquide, che suppongonsi brani di materia solare, e che gradatamente divennero pianeti e satelliti. — Essa è l'energia

stessa della gravitazione che nelle piccole distanze eccita le oscillazioni delle molecole e le costringe a speciali equilibri, come nello Spazio, eccita gli astri ai movimenti orbitali, immensamente veloci, ed agli equilibri che ammiriamo nel Cielo.

41. Considerata nella crosta terrestre, negli ammassi eruttivi, nelle stratificazioni che occupano tanta parte delle profonde regioni del suolo, nelle depressioni degli oceani, nelle estensioni continentali, sui fianchi delle catene montuose, la cristallizzazione è la potenza che impronta il carattere massimo alle azioni del plutonismo; è l'opera trasformatrice dei sedimenti, delle fanghiglie marine, dei depositi idrotermali metalliferi, perfino dei residui calcarei o fosfatici degli organismi estinti, e di talune secrezioni, in roccie di superba struttura ed in bellissimi marmi. E, bene spesso, non fa che restituire a quei materiali, cui fu tolta la regolare struttura già loro caratteristica da exogene azioni di disgregamento, la struttura medesima.

Presiedendo alle più intense attività endogene di metamorfismo, per l'incessante disciplina delle molecole che le obbediscono, che possono farsi poco a poco, o tutto ad un tratto, con i loro miliardi, solidali ad un unico effetto e produrre sforzi irresistibili, essa è uno dei più possenti fattori dei mutamenti orografici della superficie terrestre.

Nelle cavità delle roccie; nei tramiti delle acque minerali, come nei recipienti dei laboratorii e delle

officine, è la cristallizzazione che accumula, fedele alle sue leggi, le meraviglie del regno inorganico, e che pare si compiaccia nel colorire con tinte pure e vivaci, con fulgide rifrazioni, i suoi più mirabili prodotti.

Nella vastità dei mari e nelle regioni che circondano i poli, è la cristallizzazione che fa sorgere e galleggiare immense moli di ghiaccio; che nelle altitudini delle grandi montagne genera e mantiene perenni le nevate e i ghiacciai; che riempie i campi dell'aria con prismi e stellette esagonali di indescrivibile eleganza e regolarità nel loro disegno, quando si formano i cirri e cadon le nevi; che impossessandosi di poca acqua, può farla capace di schiantare una rupe, mercè l'istantaneo aumento di volume per solidificazione, se quell'acqua vi si trovi racchiusa.

42. È la cristallizzazione che converte in fiorami delicati, elegantissimi, gli umidi veli che appannano i vetri delle finestre durante il freddo; che ricuopre di esili efflorescenze nitrose o boriche le sterminate lande nelle regioni peruviane; che ammanta alberi e prati colle brine invernali dendriticatamente ramificate e rifulgenti al sole; che raduna in amigdale sotterranee le materie saline già sciolte e diffuse negli oceani di altri tempi.

Nel laboratorio, nell'officina, la cristallizzazione è l'atto pel quale le molecole chimiche *egualmente od omeomorficamente costituite,* si dispongono in regolari assettamenti; si orientano per le sviluppatesi polarità, si aggregano in equilibrio,

si sovrappongono intorno ai centri attrattivi iniziali; producono, col procedere del lor complessivo adunamento, sistemi piani, *con determinate incidenze*, ed offrono così fra tante naturali meraviglie, quella di nitidi e simmetrici poliedri, generati dalla sola ed intrinseca virtù della forza viva molecolare, e valevoli a caratterizzare coi loro tipi le differenti qualità della materia chimicamente definita.

Da essa pertanto dipendono allotropie e isomerie; dipendono fenomeni suoi proprii di ririfrazione luminosa, di calore, di elettricità e di magnetismo, cui s'informano leggi sublimi della fisica. Essa è la depositaria del secreto di tanti fatti della chimica dei corpi; fatti, strani in apparenza e imbarazzanti, perchè mal noti; mal noti perchè se ne chiesero le spiegazioni e le formule agli atomi, *quindi ad una ipotesi;* mentre dovevano chiedersi alle particelle derivate da ciò che diciamo la solidificazione vera della materia, *quindi ad una condizione di fatto.*

La tempra de' vetri e dei metalli; la purificazione dei prodotti salini, molti processi decorativi delle opere d'arte, innumerevoli applicazioni industriali, rientrano nel dominio di questa grandissima fra le manifestazioni della forza viva nell'Universo, cui del resto appartiene la distinzione decisiva del mondo minerale da quello degli organismi; poichè, già lo notammo, la materia, non perturbata dal concorso di azioni disordinatrici, per generare le specie organiche, gli esseri viventi, si ORGANIZZA; per produrre le specie inorganiche CRISTALLIZZA.

43. I CRISTALLI sono gl'immediati prodotti del fenomeno della cristallizzazione.

In teoria sono veri solidi, omogenei e puri, costituiti da strati piani di particelle fisiche *regolarmente disposte ed egualmente orientate;* terminati da faccie *rigorosamente piane* e con date e perfette simmetrie. Se si considerano in ordine alla loro sostanza, essi sono delle strutture regolari; se in ordine alla loro forma, sono poliedri geometricamente definiti; ma se piuttosto si tien conto delle loro vere condizioni naturali, e quali il suolo ce li offre, quali la collezione gli espone, sono moltitudini di prismi, di piramidi, di paralellopipedi, di ottaedri, esaedri, dodecaedri, icositetraedri, e di tante altre forme, che variatissime di tipo, talora semplici per piccol numero e reciproca identità delle faccie; talora profusamente faccettate, risultano quasi sempre distorte, scabre o rigate, o ineguali sulle loro superficie, prive di valori assoluti, di costanti effettivamente verificabili in ogni individuo di una medesima specie, variabili di colore di trasparenza e di aspetto, inquinate da materie eterogenee, mostruose talvolta o quasi abortite; e tutto questo con tanta maggiore intensità quanto più esse forme divennero voluminose, ossia quanto più a lungo e ripetutamente sostennero le molteplici influenze inerenti all'ambiente dove si andavano generando; le quali, sebbene naturalissime, forse inevitabili, pure riescono effettivamente *perturbatrici*, riguardo al fenomeno cristallogenico.

I cristalli sono le sedi naturali dei fenomeni fisici più istruttivi per ciò che concerne le ondu-

lazioni dell'Etere nelle diverse manifestazioni della loro energia di movimento. Essi sono nel regno minerale quello che nell'impero organico sono gli animali vivi e completi, le piante complete e viventi.

44. Una serie a parte, destinata ad insegnarci che non tutti i poliedri che ci offre natura sono veri cristalli, apre l'adito alla collezione di cristallografia.

Comprende, infatti, alquanti grossissimi prismi, per misurare i quali occorrerebbe il metro, grigi o quasi neri, a basi irregolarmente poligone, a faccie non eguali nè piane, simulanti, insieme ad altri variatamente più piccoli, le forme prismatiche di taluni minerali. Ma sono esemplari dei famosi basalti e delle trachiti; roccie costituite dalla miscela di diverse specie minerali: emerse per azioni idroplutoniche; e la cui massa, contraendosi per raffreddamento e per concentrazioni molecolari, si screpolò, dividendosi dapprima in grossi banchi parallelamente alle superficie esterne, poi perpendicolarmente a queste superficie, in una moltitudine di frammenti prismatici, quali appunto ora li vediamo isolati e sciolti nella collezione.

Guardati in posto, colà dove sono addossati a milioni, quasi fossero grossi pilastri o colonne di uno strano e monumentale edificio, scavato da spelonche e circondato dalle sue proprie rovine, compongono una delle più sorprendenti e rare particolarità della costruzione delle montagne.

La costruzione di volume di una massa, e il suo

screpolarsi in parti prismatiche simili ai cristalli può avvenire per semplice prosciugamento se essa si depone umida e fangosa per via di sedimento.

La bellette dei fossati e degli stagni, i cui strati si dividono in lastre poligone, assumendo l'apparenza di grossolani mosaici, e certe terre bolari, le cui masse pastose si screpolano finamente in sottili bacchettine, diritte o incurvate, esse pure poliedriche, ci dànno esempio di questo fatto; quindi, insieme ai basalti ed alle trachiti, a certe roccie schistose e friabili che si sgretolano in frantumi a contorno poligonale, dànno esempio di ciò che si disse: Forma pseudo-regolare, o pseudo-cristallina.

PARTE V.

LA COLLEZIONE SPECIALE DI CRISTALLOGRAFIA

DIECI SEZIONI DI UNA SERIE CRISTALLOGRAFICA.

45. Questa collezione comprende dieci sezioni, ciascuna delle quali è illustrativa di un dato argomento della storia fisica dei cristalli. — Le strutture regolari e le sfaldature, la geometria dei poliedri cristallini, la classazione sistematica delle forme che in essi si osservarono, i reciproci passaggi che le collegano, i decrescimenti, le leggi che li governano, le notazioni che li esprimono, le geminazioni, le emiedrie, le emimorfie e le dissimetrie strutturali, le singolarità delle faccie, le anomalie apparenti, le distorsioni, le curvature dei poliedri e dei loro gruppi, le impurezze, le associazioni per poligenesi, l'isomorfismo, le iso-orientazioni e altre particolarità, sono ben rappresentate in questa serie accuratamente ordinata, e alla quale si annettono, come utilissime appendici, un copioso gruppo di sezioni cristallotomiche, vale a dire di lamine, o placche a faccie parallele tagliate, secondo prestabilite direzioni nei cristalli e capaci di farcene conoscere, meglio che in qualsiasi altra maniera nota, le

fisiche e più intime loro proprietà; inoltre, una collezione di cristalli artificialmente ottenuti nel laboratorio.

I. — LA STRUTTURA CRISTALLINA. — LE SFALDATURE, LE FORME PRIMITIVE.

46. È chiaro che nei cristalli, avanti che se ne finisca la forma, se ne costituisce la sostanza, con quella disposizione strutturale dalla quale dipendono le proprietà caratteristiche.

La STRUTTURA REGOLARE ne è la condizione essenziale, fondamentale. Già definimmo i cristalli: *poliedri costituiti da strati regolari di particelle uniformemente orientate.* Vediamone ora qualche prova meccanica. Qui sotto mano avvi un martello da mineralogista; e sono preparati apposta alquanti pezzi di Galena, di Blenda, di Calcite, di Fluorina, di Selenite, di Topazio e di Mica.

Percuotiamoli con garbo, e talvolta applicando sul pezzo una lama tagliente. Tutti si spezzano in frammenti a faccie piane.

La rottura si effettua secondo piani fra loro paralleli.

Alcuni si rompono, molto facilmente, in tre diverse direzioni. Queste sono perpendicolari reciprocamente nella Galena; sono a 105°, nella Calcite; in altri è facilissima la spezzatura in quattro direzioni a 109°,28′ o 70°,32′, come nella Fluorina e nel Diamante; ovvero in sei direzioni a 120°, come nella Blenda. Ma, nei casi più frequenti, le spezzature sono diversamente facili, nitide, perfette nelle direzioni diverse dei singoli

cristalli. Nella Selenite avvene una di sorprendente perfezione; altre due, oblique fra loro, sono malagevoli, e in grado diverso, una suol dirsi *vitrea*, l'altra *fibrosa*. Nei prismi di Topazio è facile la divisione parallelamente ai piani delle basi. Accartocciamo questa lastra di Mica; non si romperà; e lasciata a sè stessa riprenderà subito, per la grande elasticità sua, la pianità inerente; ma se insinuiamo, invece, l'unghia o il coltello nello spessore suo marginale ne ricaveremo con somma facilità, nitidezza e perfezione lamine vieppiù sottili e specchianti, finchè l'estrema loro sottigliezza non vieta di sfogliarle ulteriormente.

In definitiva, rompendo i cristalli di Galena, di

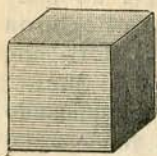
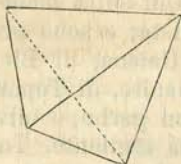
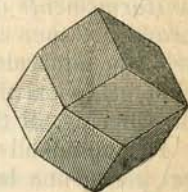



Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.

Fluorina, di Blenda, di Calcite, di Selenite, di Topazio, di Mica, se ne hanno dei poliedri, *limitati da faccie piane*, ossia, dai piani paralleli fra loro della divisione meccanica; e quei poliedri ci si offrono rispettivamente come cubi (fig. 17) tetraedri (fig. 18) dodecaedri (fig. 19) o ottaedri, parallelopipedi obliquangoli e lastre prismatiche a basi esagone o rombiche.

47. Dicesi **sfaldatura** (*clivage*), la proprietà, nella maggior parte dei cristalli di fendersi in de-

terminate direzioni, secondo superficie piane di frattura. Lo Spato calcare con i suoi comunissimi romboedri (fig. 20) e colle sue masse spatiche ne è il più conosciuto e più citato esempio. In teoria, tutti i cristalli debbono possedere le direzioni di sfaldatura. Tuttavia, se infrangessimo

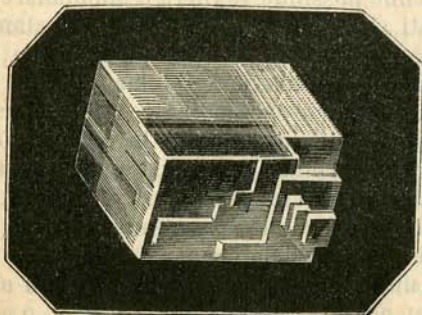



Fig. 80.

i cristalli di Quarzo, di Pirite, di Oligisto, di Magnetite, di Tormalina, e di tante altre specie solite a cristallizzarsi superbamente, sarebbe difficilissimo, persino impossibile, l'ottenerne le faccie piane di frattura. — Quei minerali si rompono irregolarmente, dando luogo a superficie ineguali, scabre, ondulate, concoidali, senza carattere definito. — Battiamo i cristalli nativi del rame, dell'argento, dell'oro, quelli dell'argento solforato, del cloruro di mercurio; si schiacciano e si appiattiscono, ma non si sfaldano.

Rendiamoci conto di queste particolarità. — Consideriamo un cristallo come un edificio, composto dal regolare addossamento di parallelopipedi

eguali; figuriamocelo come ci figuriamo un deposito di mattoni bene accomodati in forma di cubo, o di prisma, ma sempre disposti identicamente gli uni sugli altri e così nelle file e negli strati laterali.

Se volessimo dividere e suddividere tale edificio sarebbe possibile togliere o allontanare uno o più strati, sia orizzontalmente, sia verticalmente in due direzioni; pezzo per pezzo; fila per fila; strato per istrato; sistema per sistema, di due o più strati. Se un urto potente facesse crollar quell'edificio, i parallelopipedi che lo compongono cadrebbero alla rinfusa, ma separandosi secondo i piani di loro sovrapposizione, secondo le direzioni del loro ordinato assettamento.

Se in quei parallelopipedi tutte le faccie parallele ad un dato piano comune fossero più adesive fra loro; per es., più levigate e vicine, o attratte da energie di polarità mancanti o latenti nelle altre direzioni, la separazione nel senso di quel piano sarebbe più difficile; fors'anco impossibile; altrettanto avverrebbe nelle direzioni dei piani pur costituiti da poliedri identici fra loro, ma di forme tetraedriche, ottaedriche, romboedriche e via dicendo, tali cioè da potersi tenacemente connettere; imperocchè quelle di un piano penetrano colle loro sporgenze nei corrispondenti incavi dei piani contigui; e così aumentano assai le superficie di contatto e di adesione molecolare.

Quest'ultima disposizione, che in tal modo si concepisce, ci rappresenta pressochè impossibile la *sfaldatura* dell'edificio cui spetta, seppure, prima di battere questo in breccia non si tro-

vasse modo di allontanarne i pezzi componenti; di *rarefarlo*; di vincere in parte le adesioni delle superfici contigue nei contigui strati. — Scaldiamo un cristallo di Quarzo (pochissimo conduttore del calorico); dilatiamolo, rarefacciamo così il sistema delle sue aderentissime particelle e vinciamone in parte la coesione; se, ridotto in tale stato, lo gettiamo in acqua fredda per rompere l'equilibrio ancor sussistente, bene spesso riescesi a produrre la sfaldatura in piani paralleli alle faccie di un romboedro.

48. Considerati dunque i cristalli come edifici costruiti col regolare addossamento di poliedri eguali, egualmente disposti e orientati, la sfaldatura non è che la parziale demolizione di quell'edificio, senza che alcun poliedro componente debba esserne alterato o disfatto. — È condizione inerente; è conseguenza diretta d'una condizione normale, *sine qua non*.

FILE, RETICOLI ADUNAMENTI MOLECOLARI.

Indubbiamente le masse dei cristalli hanno regolare e uniforme la struttura (se siano pure e normalmente costituite), qualunque sia la sostanza, donde risultano, qualunque sia la forma elementare delle sue fisiche particelle. Ogni fila (*rangèe*), di queste particelle o dei loro centri fisici è rettilinea, e le particelle che la compongono

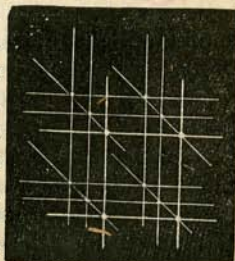



Fig. 21.

sono equidistanti. Tutti i sistemi di file alla lor volta *equidistanti* nei reticoli molecolari (*réseaux*) sono piani; e in ogni adunamento regolare definitivo (*assemblage*), sono equidistanti i sistemi fra loro parallelli e situati in una stessa orientazione (fig. 21). In conseguenza, le maglie di quei reticoli, i nodi poliedrici limitati da esse, ossia, dalle intersezioni dei piani, sono eguali; e in generale vi domina il carattere del parallellopipedo a sei faccie.

Immaginiamo, infine, tre piani indefiniti, rispettivamente parallelli alle tre direzioni dei reticoli molecolari; le tre rette generate dalle intersezioni di essi piani, e convergenti ad un punto comune, saranno le coordinate di qualsiasi altro piano che voglia concepirsi nel sistema; e il punto comune di convergenza ora notato sarà l'origine delle coordinate medesime.

49. L'equidistanza delle particelle elementari nelle file, il parallelismo generale e l'equidistanza nelle file, nei piani detti reticolari; il parallellismo e l'equidistanza di questi piani, in ciascuna orientazione del sistema poliedrico cristallino, sono le condizioni essenziali di qualunque struttura regolare, e perciò di quella propria e caratteristica dei veri e normali cristalli.

50. Dicesi forma primitiva dei cristalli di una data specie minerale quella unicamente e costantemente propria dei solidi ottenuti dalla sfaldatura dei cristalli medesimi. In teoria è la forma del parallelopipedo risultante dalle tre di-

rezioni fondamentali dei piani reticolari; ovvero, in ordine alla sua genesi, *è la forma che assumono le particelle fisiche, dalle quali risulteranno quei cristalli, nell'atto di costituirsi per la reale solidificazione della sostanza donde derivano.*

Per la prima maniera di intenderla, in ordine cioè alle sfaldature, diciamo che il cubo è la forma primitiva della Galena; il romboedro, lo è della Calcite; l'ottaedro della Fluorina, un prisma rombico del Topazio, un parallelopipedo obliquangolo della Selenite, e via dicendo.

Haüy, l'illustre fondatore della scienza dei cristalli, nominò molecole integranti le particelle poliedriche elementari, concorrenti per

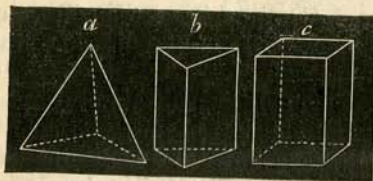



Fig. 22.

servire all'edificio dei cristalli. Ma spinse il concetto della divisibilità dei poliedri oltre il risultato pratico delle sfaldature realizzate in cadauna sostanza; e le ridusse a tre tipi geometrici fondamentali: un tetraedro, un prisma a basi triangolari, un parallellopipedo (fig. 22).

Il fatto più rimarchevole nelle particolarità delle sfaldature è questo: *qualunque sia la forma geometrica dei cristalli d'una data specie minerale essi dànno, sfaldandosi, costantemente lo stesso poliedro di sfaldatura.*

51. Fin dove potrà spingersi la divisione meccanica dei cristalli?

Cominciando col martello per finir col mortaio, vale a dire spezzando e poi riducendo in polvere impalpabile quei cristalli, restiam sempre molto indietro alla scissione delle particelle fisiche primordiali e cristallogeniche, nelle loro molecole chimiche componenti. Giungere a tale scissione equivarrebbe a liquefare, a vaporizzare la sostanza di un cristallo per via esclusivamente meccanica. Trituriamo un ottaedro di sfaldatura, datoci dalla Fluorina; guardiamone la polvere col microscopio che vedemmo nella stanza da studio; quella polvere è un ammasso di frantumi ottaedrici o tetraedrici, e di aggregati bene spesso informi; ma la Fluorina è là; limpida e cristallina, quale ad occhio *disarmato* si vede nelle sue masse spatiche ordinarie.

Non avvi alcun grado di suddivisione meccanica per quanto la si renda ingegnosamente estrema, che valga a scindere le particelle ottaedriche del detto minerale nelle loro molecole iniziali di puro fluoruro di calcio; o quelle cubiche della Galena, nelle molecole di solfuro di piombo. Eppure tali scissioni sono, per altra via, facilissime.

Scaldiamo quei minerali. — O si vetrificano col calore abbastanza elevato, o si liquefanno. — Cangiano di stato fisico! Talvolta per altro si *dissociano* (si scompongono chimicamente), prima di giungere a liquefarsi; è il caso, per esempio, della Calcite e di altri carbonati. Ma cangiando di stato fisico *non solo se ne disfa l'edificio cristallogenico*, risultante dall'aggregamento rego-

lare delle particelle elementari poliedriche, *ma si disfanno* anche queste; sia cessando l'equilibrio molecolare, dal quale derivano, sia dissociandosi o scomponendosi la loro stessa sostanza.

Nessuno potè mai, colla semplice triturazione, comunque spinta all'estremo, liquefare un corpo cristallino, vale a dire operare il suo cangiamento di stato fisico. Nè mai lo si potrà; come giammai si potrà solidificare un liquido a forza di pressione. Sarebbe un usurpare, a profitto di una violenza grossolana, estrinseca, la prerogativa che unicamente spetta alle energie inerenti alla materia, *nelle sue stesse molecole*; e dirette all'equilibrio dell'intima struttura delle masse. Il grado di calore valido a liquefare una massa *veramente solida*, non è che l'aumento d'intensità di quelle stesse energie, fino a produrre una trasformazione nella condizione d'equilibrio che ne dipende.

Sono dunque azioni di un altro ordine quelle che presiedono alla scissione delle particelle nelle loro molecole, ed ai cangiamenti di stato, in confronto di quelle che infrangono e disgregano gli assettamenti delle particelle medesime.

II. — LA GEOMETRIA DEI POLIEDRI CRISTALLINI. I MODELLI CRISTALLOGRAFICI. — GLI ASSI COORDINATI CRISTALLOGRAFICI E LE LINEE DI SIMMETRIA.

52. I cristalli finiti, considerati come poliedri, e astrazion fatta dalla loro massa, dalla loro struttura e dalle fisiche loro proprietà, sono spazii limitati da piani.

Vi si considerano tre elementi geometrici: faccie piane; angoli diedri (spigoli rettilinei); angoli solidi (di almeno tre faccie concorrenti).

Nei cristalli effettivi questi elementi sogliono divergere dal loro tipo ideale di regolarità; ma di questo riparleremo. Adesso, volendo studiare la geometria pura dei cristalli e le generalità delle loro forme, ci prevarremo dei modelli loro che artificialmente si costruiscono, e che potrebbero raffigurare i semplici spazii da esse occupati.

Immaginiamo un cristallo di Quarzo chiuso in un mezzo resistente; e supponiamo che quel cristallo si annienti, svanisca. Se tale impossibile cosa avvenisse, resterebbe, nel mezzo che lo racchiudeva, un vuoto; questo riterrebbe la forma del cristallo; e sebbene *vuoto*, servirebbe benissimo a far note le geometriche proprietà del cristallo medesimo.

Qualunque rappresentazione o imitazione giusta dei poliedri cristallini può servire pei modelli cristallografici.

Qui nel Museo ne abbiamo una ricca serie, e vale la pena di concederle un'occhiata. Tali modelli fanno evidenti allo sguardo, chiare al pensiero, molte condizioni generali e molte particolarità che bisogna conoscer bene nei cristalli, ma offuscate in questi dalle frequenti imperfezioni e dalle grossolane modalità che vi si riscontrano.

Generalmente i modelli, di cui parliamo, si costruiscono di legno, di cartoncino, di pasta ce-

ramica o di altre materie plastiche indurite, di lastre di vetro, di vetro arruotato, di filo metallico.

La nostra collezione ce ne presenta parecchi di legno duro, decomponibili in pezzi, o divisi in parti che possono ruotare le une sulle altre; e ne possiede alquanti costruiti in guisa da far vedere in un poliedro diafano di vetro, un altro iscrittovi simmetricamente, fatto per es., di cartone, nel quale, mancando una o più faccie, si vedono altre forme incluse, o le rette coordinate dei piani circostanti. Ve ne sono di filo metallico, ma con lamine esterne di vetro colorato che rappresentano lo sviluppo dei piani e le intersezioni loro colle coordinate rispettive.

La scansìa che contiene tali modelli raffigura in certo modo il vestibolo dell'aula riservata alle preziose raccolte dei veri cristalli.

Le figure prospettiche e axonometriche colle quali s'illustrano le opere descrittive di mineralogia, e quelle a coppie con diversa prospettiva per essere guardate collo stereoscopio, generalmente riproducono le forme di tali modelli, convenzionalmente ravvicinate ai tipi ideali piuttosto che alle modalità effettive dei cristalli naturali.

53. Fra quei modelli alquanti fatti di grosso filo metallico, o di vetro, lasciano vedere dei fili che s'incontrano al centro di figura, fissandosi colle loro estremità sia agli angoli opposti (figure 23, 24) sia ai centri delle faccie opposte (fig. 25, 26), sia ai punti mediani degli spigoli opposti (fig. 27). — È questo il modo preferito

per rappresentare le direzioni rettilinee, immaginarie, delle coordinate delle faccie o piani *limiti*

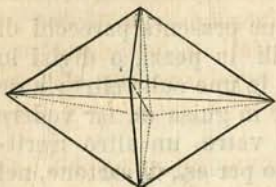
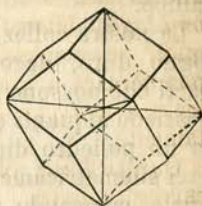



Fig. 23. Fig. 24.

di ciascun poliedro, al cui centro si suppone la origine comune.

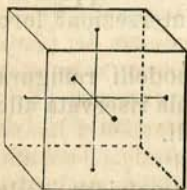



Fig. 25. Fig. 26.

Nei poliedri cristallografici la posizione di queste coordinate non può essere arbitraria; devono infatti comportarsi, rispetto agli elementi omologhi del poliedro in cui si considerano, come linee di simmetria; cioè, questi elementi omologhi debbono essere disposti simmetricamente intorno a ciascuna coordinata ed equi-

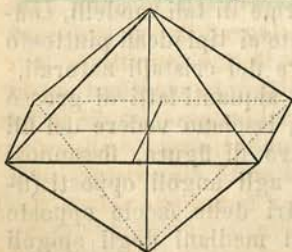



Fig. 27.

distanti dall'origine. Pigliamo un modello con tali fili interni e facciamolo girare intorno ad uno di essi, scelto per asse di rotazione; i punti *omologhi* laterali descriveranno dei circoli, i quali se venissero projettati in un piano perpendicolare a quell'asse, avrebbero tutti la projezione sua per centro, e coinciderebbero esattamente.

Queste linee rette DI SIMMETRIA sono gli ASSI CRISTALLOGRAFICI.

Come *direzioni ideali* la lunghezza ne è infinita. Come *rette coordinate*, sono limitate dall'incontro loro con un qualsiasi elemento, angolo, spigolo, faccia del cristallo.

Le distanze dall'origine all'incontro dei piani, misurate sulle coordinate, si dicono LUNGHEZZE PARAMETRICHE, o semplicemente PARAMETRI.

I rapporti di lunghezza fra i parametri hanno grande importanza in cristallografia. Tenendo conto del numero degli assi e della reciproca posizione che occupano nelle forme cristalline, sempre restandovi *linee di simmetria*; sopratutto valutando il rapporto delle relative lunghezze loro in ciascuna forma, si trova la formula delle leggi fondamentali cristallografiche, si precisano i dati caratteristici delle forme primitive delle specie minerali pure; poichè, in ciascuna specie mineralogica, il rapporto dei parametri nella forma primitiva è c o s t a n t e. Inoltre, se ne deducono i criterii per classificare la serie dei cristalli noti, e per individuare ciascuna forma che venga studiata e descritta.

Persuadiamocene.

54. Se teniamo conto del *numero* degli assi troviamo che in tutte le forme cristalline possibili, un sistema di soli tre assi può bastare a fornire le linee di simmetria caratteristiche; il sistema cioè delle *tre coordinate dei piani effettivi*, le quali possono identificarsi a tre spigoli convergenti ad uno qualunque degli angoli solidi del parallelopipedo di struttura; i tre assi corrispondono alle tre direzioni delle file molecolari, ovvero alle tre intersezioni dei reticoli generanti il cristallo. Senonchè, per considerazioni di ordine fisico, ed anche geometrico, si preferisce di adottare, per una interessantissima serie di forme, quattro assi anzichè tre (figure 28 e 29).

Se guardiamo adesso le *posizioni reciproche* degli assi nei cristalli, lasciando a parte il caso delle forme con quattro assi, dove tre sono in un piano, ed a 120° fra loro, il quarto essendo perpendicolare a questo piano (vedi figure ora citate), possiamo ridurre tutto ai tre soli casi seguenti:

1.° *I tre assi sono fra loro perpendicolari;* ciascuno lo è sul piano degli altri due (fig. 30 e 31 per es.).

2.° *Due soli assi sono perpendicolari fra loro;* il terzo asse è obliquo sul piano degli altri due (fig. 32 e 33).

3.° *I tre assi sono obliqui;* ciascuno lo è sul piano degli altri due (fig. 34 e 35).

Finalmente, per ciò che ne concerne le *lunghezze rispettive*, si avverano nei cristalli le tre sole possibili condizioni: I tre assi *sono eguali*

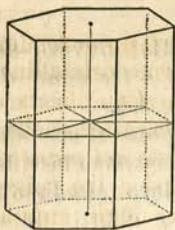



Fig. 28.

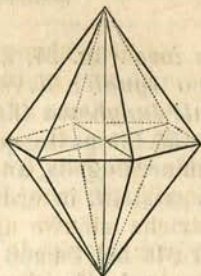



Fig. 29.

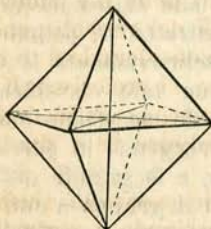



Fig. 30.

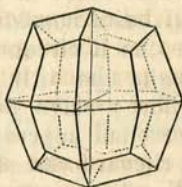



Fig. 31.

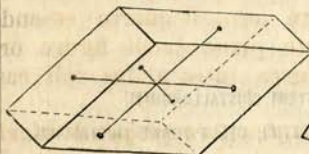



Fig. 32.

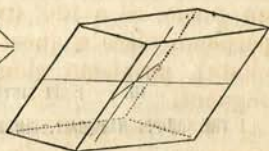



Fig. 33.

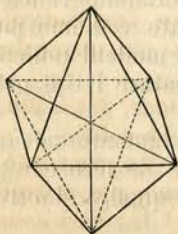



Fig. 34.

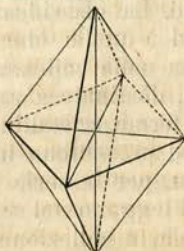



Fig. 35.

fra loro (fig. 24, 25, 30 e 31); ovvero *due soli sono eguali;* ovvero, *tutti e tre sono di differente lunghezza* (fig. 27, 32, 35).

55. Ciò posto, quasi s'impone al cristallografo, al mineralogista, una semplicissima classificazione dei cristalli, in ordine alle loro condizioni geometriche riferite agli assi; e difatti, fintantochè si resta nel campo della cristallografia pratica, fisica, **naturale**, riserbando alle matematiche pure il tener conto di forme astratte, di poliedri nei quali basta considerare esclusivamente le superficie che li circondano, una tale classificazione è quella che tutti d'accordo accettano come la migliore; salvo poche divergenze in particolari e personali apprezzamenti, e le grandi difficoltà per rilevare con sicurezza il gruppo a cui i cristalli, allorquando non sono puri e perfetti, debbono essere riportati.

III. — I SEI SISTEMI CRISTALLONOMICI.
I TRE GRUPPI NATURALI, SINTETICI, DELLE FORME CRISTALLINE.

56. La classificazione cristallografica di cui parlasi è quella che frattanto vediamo messa in pratica nella collezione dei modelli poliedrici di legno, destinata a rappresentare i tipi principali delle forme cristalline.

Ci si presentano immediatamente sei gruppi o SISTEMI, per la serie intiera. Le loro caratteristiche si leggono nel seguente quadro sinottico, che correda la collezione.

PROSPETTO DEI SISTEMI CRISTALLINI.

Numero di assi	Condizione dei parametri	Posizione reciproca degli assi	Nome dato al sistema
3	*Eguali fra loro*	Perpend. fra loro	**I. Isometrico**
3	*2 eguali c. s. 1 disuguale*	Perpend. fra loro	**II. Tetragonale**
3	*Disuguali*	Perpend. fra loro	**III. Ortorombico**
3	*Disuguali*	1 obliquo sul piano degli altri due	**IV. Monoclino**
3	*Disuguali*	Tutti obliqui	**V. Triclino**
4	*3 eguali c. s. 1 disuguale*	3 = a 60° 1 perpend. sul piano di quelli	**VI. Esagonale**

Ciascun sistema comprende due distinte categorie di forme; quella delle forme semplici, le cui faccie sono tutte egualmente disposte rispetto agli assi; e quelle delle forme composte, dove le faccie sono situate alcune in un dato modo, altre in altro, rispetto agli assi medesimi.

Se con un simbolo conveniente si esprime la posizione di una faccia presso i tre assi della forma cui essa spetta, è chiaro che le faccie delle forme semplici avranno tutte lo stesso simbolo. In altri termini, nelle forme semplici, scelte due faccie qualunque, si può sempre portar l'una nella posizione dell'altra, senza che la situazione del solido siasi apparentemente mutata.

Notissimi esempii di forme semplici si vedono

nei modelli corrispondenti alle figure 36, tetraedro (4 faccie); 37, 38, esaedro, romboedro (6 faccie); alle figure 39, 40, 41, ottaedri (otto faccie); ed alle figure 42, 43, 44, 45, 46, 47 di dodecaedri

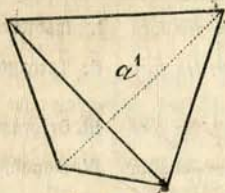



Fig. 36.
Tetraedro (Emiottaedro).

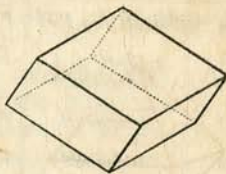



Fig. 37.
Romboedro.

le cui 12 faccie sono rispettivamente rombiche, pentagone, trapezoidali, triangolari, (isosceli o scalene), ecc.

Anche i diottaedri (a 16 faccie, fig. 48) sono forme semplici; così gl'icositetraedri a 24 faccie trapezoidali (figure 49 e 50), o triangolari (fig. 51, 52 e 53). Così i tetracontaedri a 48 faccie (fig. 54).

57. Resta dunque stabilito che per SISTEMA CRISTALLINO intendesi la riunione di tutte le forme che presentano lo stesso numero di assi fra loro similmente disposti; nelle quali forme può dunque concepirsi la stessa condizione di linee di simmetria. Tutte le forme nelle quali sono *simmetricamente* situabili tre assi perpendicolari, e fra loro disuguali, compongono un sistema; analogamente tutte quelle, nelle quali sono concepibili quattro linee di simmetria, tre in un piano e fra loro a 60°, la quarta perpendicolare a quel

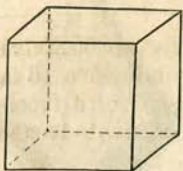



Fig. 38. Esaedro (Cubo).

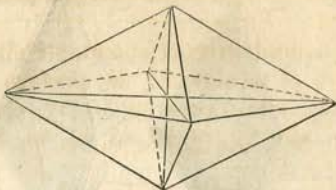



Fig. 39. Romb'-ottaedro.

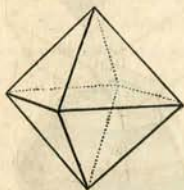



Fig. 40.
Ottaedro regolare.

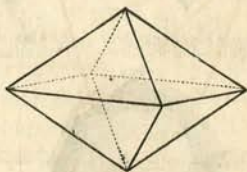



Fig. 41.
Quadrat'-ottaedro.

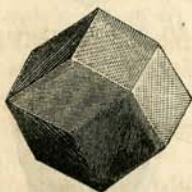



Fig. 42.
Rombododecaedro

Fig. 43.
Pentagonododecaedro.

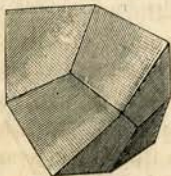



Fig. 44. Trapezo-dodecaedro
(Emi-triaottaedro).

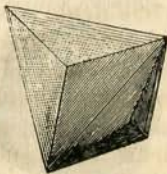



Fig. 45. Isoscelo-dodecaedro
(Emi-icositetraedro).

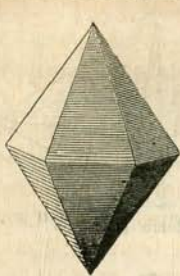



Fig. 46.
Esagono-dodecaedro.

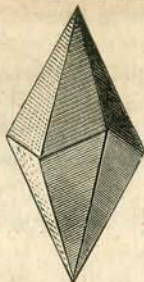



Fig. 47.
Scalenoedro.

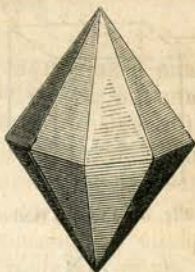



Fig. 48.
Diottaedro.

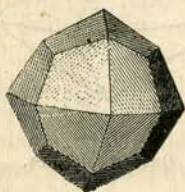



Fig. 49. Trapezoedro (Icositedraedro).

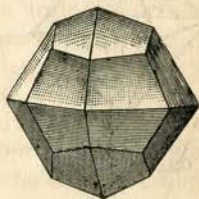



Fig. 50. Emiottacisesaedro.

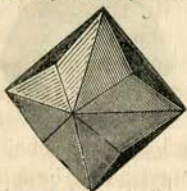



Fig. 51. Triacisottaedro
(Ottaedro piram.).

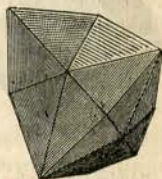



Fig. 52. Emiesacisottaedro
(Tetraedro esapiramidato).

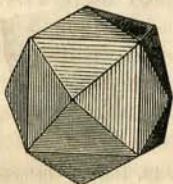



Fig. 53.
Tetracisesaedro (Cubo piramid.).

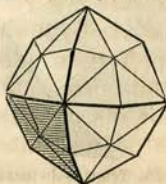



Fig. 54.
Tetracontaedro (Esacisottaedro).

piano e sul punto delle intersezioni comuni, formano un altro sistema.

Chi volesse erudirsi in proposito dovrebbe imparare che ai sei sistemi ora presentati si diedero altre denominazioni, spesso dipendenti dal carattere morfologico di alcune forme, scelte come tipiche o fondamentali; che il sistema esagonale si divide da alcuni in due: SISTEMA ESAGONALE e SISTEMA ROMBOEDRICO; — che fra i sistemi diversi sussistono analogie e correlazioni; — che le forme di un sistema possono simulare talvolta quelle di un altro (vedi pseudomorfia dei cristalli); — e che il carattere di semplicità e di regolarità come pure il genere di simmetria variano progressivamente per modo che il sistema isometrico è il più regolare ed il più vicino alla simmetria della sfera, mentre il sistema triclino è il più divergente da ogni genere di regolarità e di simmetria delle sue parti.

Ma tutto questo, ed altro, non può impararsi che negli appositi trattati di mineralogia e di cristallografia.

Noi, semplici visitatori di un museo, ci contenteremo di sapere che la classazione più naturale dei cristalli è quella che tien conto ad un tempo di due criterii: la modalità degli assi, e le proprietà fisiche o strutturali dei cristalli medesimi. Applicando questi due criterii, della forma e della sostanza, ossia, della geometria e della fisica, che del resto sono l'uno conseguenza dell'altro e perciò connessi fra loro nella più assoluta maniera, si arriva a questa sintesi dei sei sistemi predetti:

I TRE GRUPPI NATURALI SINTETICI

DELLE FORME CRISTALLINE.

I.	Simmetria centrale **sferoedrica.** Struttura eguale in ogni direzione. Isotropia nelle attitudini fisiche. Eguaglianza e perpendicolarità nei parametri.	Sistema **isometrico.**
II.	Simmetria assile, **ellissoidale.** Struttura eguale concentricamente intorno ad un asse principale. Attitudini fisiche circolarmente manifeste intorno al medesimo asse.	Sistemi dimetrico **tetragonale.** dimetrico **esagonale.**
III	Simmetria secondo tre direzioni di assi. Sviluppo strutturale e attitudini fisiche nelle tre direzioni differenti.	Sistemi trimetrico **ortorombico.** trimetrico **monoclino.** trimetrico **triclino.**

SERIE SISTEMATICA DEI CRISTALLI NATIVI.

58. Ammiriamo adesso questa raccolta bellissima di cristalli, isolati o in gruppi. È disposta in una fila di vetrine perfettamente illuminate. I cristalli sciolti e liberi, ovvero in aggregati talvolta regolari, stanno collocati dentro adattate scatoline; i più piccoli, i più delicati e fragili sono racchiusi in campanine o in tubetti di vetro, difesi da bombace finissimo e attaccati, occorrendo, per la parte più difettosa o di frattura, a sottili lastrine di mica, o meglio al centro di piccoli vetrini da orologio.

Il cartellino che spetta a ciascun esemplare reca scritto il nome e la località originaria del minerale; il segno del sistema di cristallizzazione cui appartiene; ed i *simboli* di tutte le diverse

specie di facciette che l'esemplare rispettivo offerse alla determinazione cristallografica. Talvolta vi si aggiunsero speciali indicazioni per alcune notevoli particolarità, ed anche delle figure axonometriche, o delle projezioni stereografiche, acciocchè vieppiù istruttiva e completa ne risulti l'ostensione. Nei primi cassetti, conceduti ai cristalli del sistema isometrico, primeggiano, sia per la loro quantità, sia per l'abito in essi dominante, le notissime forme, geometricamente regolari dell'ESAEDRO (cubo) (fig. 38), con 6 faccie quadrate, a 90° fra loro; del TETRAEDRO (fig. 36), e dell'OTTAEDRO (fig. 40), con 4 faccie il primo, con 8 il secondo, tutte triangolari equilatere, inclinate fra loro, di 70° 32′ nel tetredro, di 109°,28′ nell'ottaedro. Ecco i dodecaedri romboidali, colle loro 12 faccie rombiche a 120° di reciproca inclinazione (fig. 42), ecco i dodecaedri pentagonali (fig. 43), le cui 12 faccie sono invece pentagone, con incidenze variabili nei diversi casi possibili di questo tipo geometrico; ecco gli isoscelo-dodecaedri (fig. 45, 46), e il dodecaedro trapezoidale (fig. 44), tutte forme a 12 faccie, ma trapezoidali e triangolari isosceli rispettivamente; ecco delle bellissime forme a 24 faccie, dette perciò ICOSITETRAEDRI sia colle faccie trapezoidali (fig. 49), sia colle faccie triangolari (fig. 51, 52 e 53), simili a quelle delle due forme dodecaedriche ora citate; ma avvi pure un icositetraedro le cui faccie sono quadrangolari irregolari, disposte per altro con reciproca simmetria, in sistemi di quattro faccie, riuniti simmetricamente, intorno alle sei estremità equidistanti dei tre assi (fig. 50).

Queste forme sembrano ottaedri ed esaedri, sulle cui faccie si sieno sollevate delle piramidi ottuse a tre o quattro facciette; ovvero tetraedri piramidati le cui piramidi ottuse sono a sei faccie invece che a tre, quali vedemmo nel precedente caso del dodecaedro (fig. 45). Per tali particolarità derivarono loro i nomi di *ottaedro piramidato, cubo piramidato*, o si dissero *tetradri piramidati* i poliedri tetraedriformi a faccie trapezoidali o triangolari, ultimamente notati.

Ecco finalmente alcune magnifiche forme a quarantotto faccie triangolari scalene (fig. 54), le quali forme alla lor volta ci ricordano i tipi dell'esaedro, dell'ottaedro, del dodecaedro romboidale, ma ottusamente piramidati. Le piramidi sono di 6 faccie nel tipo ottaedrico; di 8 nell'esaedrico, di 4 nel dodecaedrico romboidale; ne viene sempre un solido a 48 faccie o TETRACONTAEDRO. Frattanto, la possibilità che sopra un medesimo tipo, per esempio, sulle faccie dell'ottaedro, si costituiscano delle piramidi ottuse a 3 od a 6 faccie; su quelle del cubo, si elevino delle piramidi ora a 4 ora a 8 faccie, e via dicendo, fa sì che non basta dire *ottaedro piramidato* o *cubo piramidato*, per essere intesi; bisogna avvisare di che piramidi si tratta; ecco la ragione dei sinonimi, aventi greca etimologia, che si leggono insieme ai nomi citati per le forme passate in rivista, nel prospetto relativo al gruppo di cristalli che abbiamo sott'occhio; prospetto che può stare appeso presso la vetrina della collezione, con altri analoghi, onde ricordare la costituzione fondamentale dei gruppi nei quali al serie intera venne opportunamente suddivisa.

Proseguiamo la rassegna. Alle forme semplici fanno seguito altre composte che potrebbero essere innumerevoli, e delle quali ci basterà ora accennare talune delle più complicate, o delle più caratteristiche.

Nei cassetti successivi dei due sistemi, il Tetragonale e l'Esagonale, non è più il tipo sferoedrico, con simmetria centrale, che spicca allo

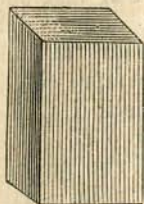



Fig. 55. Prisma a base quadrata.

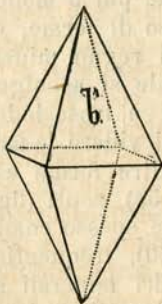



Fig. 57. Quadratottaedro.

Fig. 56. Prisma a base ottagona.

sguardo, che emerge dall'assieme. È una simmetria **prismatica**, direbbesi quasi cilindrica, o elissoidale di rivoluzione. Vi sono prismi, vi

Fig. 58. Romboedro ottuso.

sono doppie piramidi; ma con sezioni trasversali quadrate, ottagone, esagone o dodecagone; gli elementi omologhi di tutte queste forme sono lateralmente equidistanti dalla direzione assile

della simmetria dominante. La serie comprende i sistemi delle forme tetragonali, e delle forme esagonali. I cristalli naturali delle prime sono assai scarsi. Consistono principalmente nei poliedri detti prismi a basi quadrate, (fig. 55), e ottagone, (fig. 56), negli ottaedri a base quadrata (quadratottaedri) (fig. 57); nei diottaedri (fig. 48), e nelle combinazioni di tali tipi elementari in forme più o meno complesse.

Assai più copioso di forme, e immensamente più sviluppato nel regno minerale è il sistema esagonale, nel quale si accolgono i dodecaedri esagonali (fig. 46), e isoscelododecaedri di cui nei cristalli noti si videro le faccie sempre come modificazioni di altre forme esagonali; i romboedri ottusi (fig. 58), acuti (fig. 59), o di apparenza cuboide bene spesso combinati con prismi a sei faccie (fig. 60), frequentissimi nella serie dei carbonati anidri minerali specialmente nel carbonato di calcio; gli scalenoedri o scalenododecaedri (fig. 61), dei quali si hanno esempi istruttivi sia fra i carbonati suddetti, sia nei cristalli di argento rosso antimoniale. I prismi esagonali, bellissimi a vedersi nella calcite dei filoni di Andreasberg, nei berilli dei monti Urali, negli smeraldi di Santa Fè di Bogota, nelle apatiti dei giacimenti stanniferi e via dicendo. E con tali forme la serie innumerevole delle combinazioni loro e dei loro aggruppamenti.

Così si giunge all'ultimo vasto gruppo (trimetrico), dei tre sistemi a disuguali parametri. Nel sistema ortorombico vediamo una ricchissima serie di forme differenti, nelle quali ora dominano

Fig. 59. Romboedro acuto.

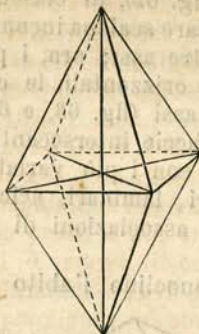



Fig. 60. Prisma coll'ottaedro.

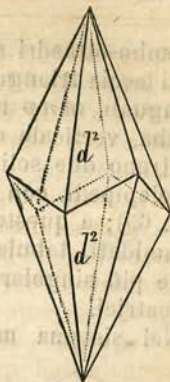



Fig. 61. Scalenoedro.

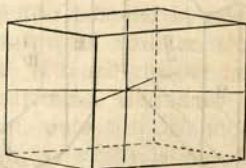
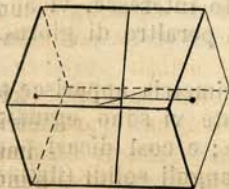



Fig. 62.

Fig. 63.

Fig. 64.

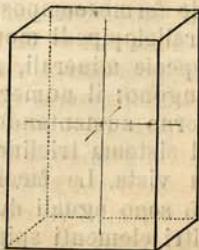



Fig. 65.

i rombo-ottaedri (fig. 62), in ciascuno dei quali ogni faccia triangolare scalena incontra a distanza disuguali, *m n p* i tre assi; ora, i prismi a base romba, verticale o orizzontali, le cui faccie incontrano due soli assi (fig. 63, e 64); ora i parallelopipedi, con faccie intersecanti un solo asse (fig. 65); e questo con i più variati portamenti piramidati, tabulari, laminari, acicolari, ecc., e colle più singolari associazioni di facciette modificatrici.

Nel sistema monoclino l'abito prismatico è

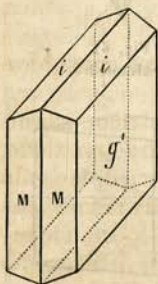
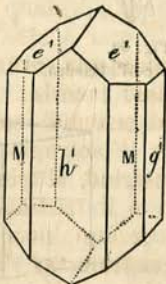
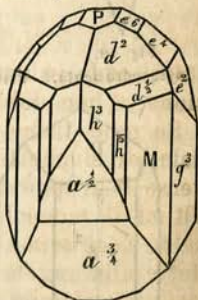



Fig. 66. Selenite. Fig. 67. Augite. Fig. 68. Azzurrite.

prevalente; rari sono gli ottaedri (fig. 33), men rare le forme composte, colle faccie di prismi e di parallelopipedi monoclini (fig. 66, 67, 68). Poche specie minerali, ma d'alto interesse, vi appartengono: il numero ne va peraltro di giorno in giorno aumentando.

Nel sistema triclino la dissimetria apparisce a prima vista. Le faccie opposte vi sono eguali; perciò sono eguali due a due; e così dicasi per gli altri elementi spigoli ed angoli solidi (figure

66, 67, 68, 69 e 70). È il sistema più povero di specie mineralogiche dopo il tetragonale; ma quelle che vi si riferiscono hanno molta importanza, e per la massima parte sono di silicati.

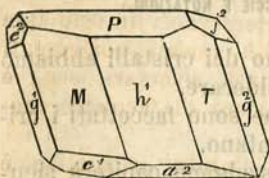
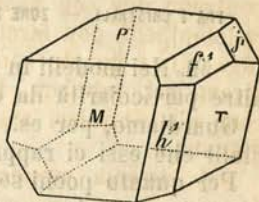



Fig. 69. Solfato di rame. Fig. 70. Assinite.

Qui cade in acconcio una preziosa considerazione, e non dobbiamo tacerla:

Se procediamo dal sistema isometrico, sferoidale, di simmetria e d'isotropia caratteristiche, verso il gruppo dimetrico, al trimetrico, facendo ultimi il monoclino e il triclino, troviamo che salve pochissime eccezioni, poco a poco ricondotte alla regola generale, *si procede eziandio dai tipi chimici più semplici, iniziali, verso i più complessi.* A modo d'esempio, nel 1.° sistema dominano i cristalli dei corpi semplici, dei binarii non ossigenati, dei monossidi, dei monosolfuri; nel 6.° sistema triclino sono i silicati che prevalgono per numero, e per grado di sviluppo delle singole specie nelle formazioni della crosta terrestre.

IV. — CORRELAZIONI E PASSAGGI FRA LE FORME TIPICHE DEI CRISTALLI. — MODIFICAZIONI, COMBINAZIONI DELLE FORME CRISTALLINE: DECRESCIMENTI. — LEGGI CRISTALLOGRAFICHE. — LE FORME IMPOSSIBILI FRA I CRISTALLI. — ZONE DI FACCIE E NOTAZIONI.

59. Nei modelli in legno dei cristalli abbiamo altre particolarità da considerare.

Guardiamo, per es., come sono faccettati i cristalli che essi ci rappresentano.

Per quanto pochi se ne scelgano capiterà sicuramente di vederne alcuni che invece di essere semplicemente cubici, o ottaedrici o prismatici, o bipiramidati, ci presenteranno associate alle loro proprie faccie altre faccie diverse; le quali rimpiazzano, *troncandoli*, o *smussàndoli*, o *spuntandoli*, gli spigoli e gli angoli solidi di quelle

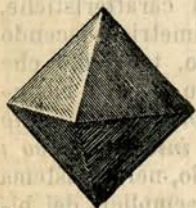
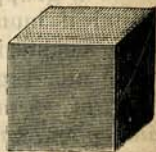



Fig. 71. Fig. 72. Fig. 73.

forme. Ecco qui sette cristalli di Galena (PbS). Uno è un semplice ottaedro (fig. 71); il secondo è pure un ottaedro, ma i suoi sei angoli son troncati da faccette quadrate (fig. 72); il terzo è un cubo (fig. 73). Le sue sei faccie sono quadrate; s'incontrano a 90.°, generando 12 spigoli, 8 angoli; ma nel quarto cristallo sono *troncati*

gli 8 angoli del cubo (fig. 74); il quinto ha invece *troncati* i suoi dodici spigoli (fig. 75); il sesto porta gli *spuntamenti* degli 8 angoli con 3 faccette (fig. 76); il settimo infine, offre *smussato* da due faccie ciascuno dei detti spigoli (fig. 77). Confrontiamo fra loro il 1.°, il 2.°, il 3.°, il 4.° e l'8.° di detti cristalli, colla paziente volontà che queste severe, e in apparenza aride indagini, richiedono.

Il cubo e l'ottaedro sono due forme semplici; ma le altre sono composte. Il confronto ci fa veder chiaramente che le sei faccettine di troncamento degli angoli dell'ottaedro (fig. 72) sono precisamente le sei proprie del cubo; e viceversa, che le otto faccette che troncano gli 8 angoli del cubo sono quelle dell'ottaedro. La cosa è già evidente nei modelli; ma più lo diviene mercè i due poliedri complessi di cartone e vetro qui presenti (fig. 78, 79).

Essi ci risparmiano ogni ulteriore spiegazione.

In simil modo ci potremmo convincere che nella fig. 75 le facce che troncano i dodici spigoli del cubo sono proprio quelle del dodecaedro romboidale (fig. 42); che nelle fig. 76 e 77 si hanno combinate a quelle del cubo medesimo le facce di un icositetraedro (fig. 49), e di un cubo piramidato (fig. 53).

Ancora un esempio: paragoniamo fra loro le quattro forme di questi cristalli di granato; due sono forme semplici a 12 faccie, (rombododecaedro, fig. 80) e 24 faccie (icositetraedro trapezoidale, fig. 81); nelle altre due figurano pure questi stessi tipi; ma con i 24 spigoli troncati nel

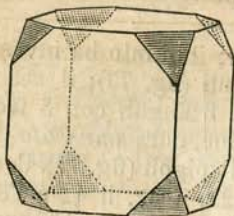
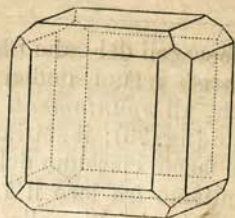



Fig. 74. Fig. 75.

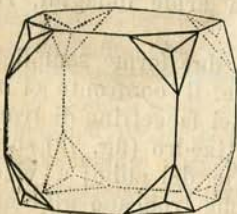
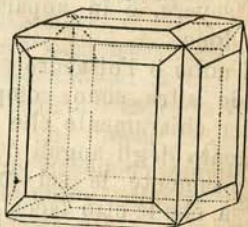



Fig. 76. Fig. 77.

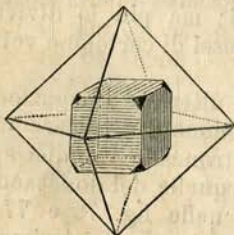
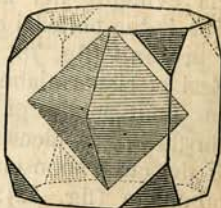



Fig. 78. Fig. 79.

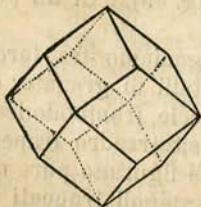
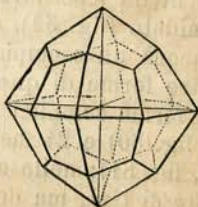



Fig. 80. Fig. 81.

dodecaedro (fig. 82); con 12 angoli tetraedri pure troncati nell'icositetraedro (fig. 83).

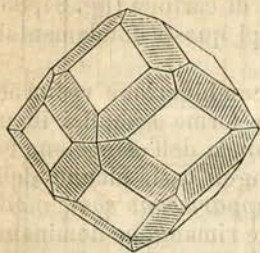
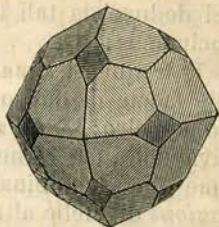



Fig. 82. Fig. 83.

Dunque, anche in questo caso abbiamo due forme semplici e due composte; abbiamo modificazioni per troncamento di angoli e di spigoli; abbiamo la comparsa di faccette modificatrici, abbiamo solidi con trentasei faccie, ma di due specie per cadauno. Ebbene, anche in questo,

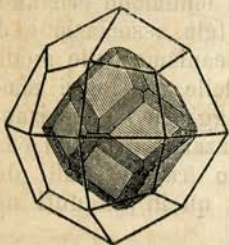
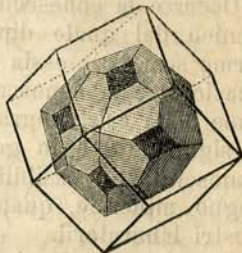



Fig. 84. Fig. 85.

come nel precedente caso, basta un po' di avvedutezza per riconoscere nelle 24 faccie modificatrici del dodecaedro, le faccie stesse dell'ico-

sitetraedro; e viceversa. Nondimeno per levare ogni dubbio, profittiamo di altri due appositi modelli, doppii, di vetro e di cartone (fig. 84, 85).

Si deduce da tali esempi questa fondamentale conclusione:

« È frequentissima la combinazione reciproca delle faccie di due o più forme semplici in un solo poliedro; — ed a seconda dell'estensione relativa delle faccie nei singoli casi, alcune delle forme che si combinano *appariscono come modificazioni* di quelle altre che rimangono dominanti.

« Le modificazioni possibili si riducono, come potemmo notare, ai troncamenti di angoli o di spigoli; agli smussamenti di spigoli: agli spuntamenti di angoli.

« *Ogni forma composta è dunque l'associazione normale di due o più forme semplici.* »

In questo enunciato si riassume la storia geometrica dei cristalli. Bisogna tuttavia completarlo.

Occorre la conoscenza del fenomeno cristallogenico dal quale dipende tale associazione di forme semplici; ossia il meccanismo delle modificazioni; e la conoscenza delle tre leggi massime della cristallografia; leggi che ne precisano il significato, e lo generalizzano a tutti i casi conosciuti e possibili, tanto fra i cristalli del regno minerale, quanto fra quelli ottenuti nei nostri laboratorii.

Esaminiamo ciò che può insegnarci il meccanismo efficiente delle modificazioni nei cristalli.

I DECRESCIMENTI.

61. Come si effettuano le modificazioni dei cristalli? come si troncano, si spuntano, o si smussano in natura, i loro angoli, i loro spigoli? Forse come nella costruzione dei modelli? Asportandosene cioè con mutilazioni consecutive alla formazione dei cristalli, e quasi come pentimento di un'opera già compiuta, quelle porzioni che vediam poi soppresse sugli elementi modificati?

Tranne qualche caso di corrosione avvenuta nei cristalli solubili per parte di un solvente, o della loro stessa *acqua madre*, diluitasi, il fatto avviene in altro modo.

Il falegname modifica bensì i poliedri che costruisce, segandone, piallandone, tagliandone le parti; ma le attività cristallogeniche modificano i cristalli mercè decrescimenti sugli angoli e sugli spigoli; i quali decrescimenti sono simultanei al sovrapporsi dei successivi piani di accrescimento.

L'importanza del fenomeno cosi accennato esige che ce ne facciamo una idea esatta e completa.

Un cristallo va ingrossandosi regolarmente, progressivamente, simmetricamente. Gli strati di particelle inconcepibilmente sottili, ma pure di effettivo spessore, che l'immaginazione non sa valutare, ma che la teoria misura in modo relativo, si addossano gli uni agli altri, sulle faccie già prodottesi di quel cristallo. Supponiamo che questo sia un cubo; se nulla interviene a modificare il processo, quegli strati, quei veli mo-

lecolari, addossandosi sulle sei faccie quadrate, le ricuopriranno totalmente; s'incontreranno fra loro, intersecandosi in spigoli paralleli a quelli che in certo modo restan sepolti; il cristallo ingrossandosi resterà semplicemente un cubo (figure 86, 87). Frattanto variano le condizioni fisiche dell'ambiente. Per esempio, ne oscilla lo stato termico; ovvero decresce il grado di saturazione, varia la densità del mezzo, soluzione o vapore, che fornisce le particelle cristalline;

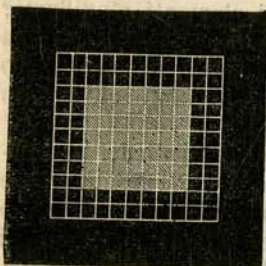



Fig. 86.

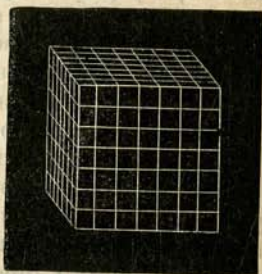



Fig. 87.

quegli strati continuano a rivestire le faccie; ad accrescere il poliedro; ma *decrescono* sul loro perimetro; vi perdono delle file di particelle, e questo avviene, ora parallelamente agli spigoli marginali delle faccie su cui vanno deponendosi (fig. 88, 89, 90), ora invece, parallelamente alle diagonali di esse faccie (fig. 91).

Se il primo strato *decrescente*, perde, rispetto a quello precedentemente depostosi, per es., due file marginali del suo perimetro, un secondo, un terzo, un quarto, ecc., che lo seguiranno potranno perdere ciascuno due file, perciò quattro, sei,

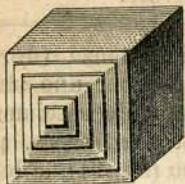
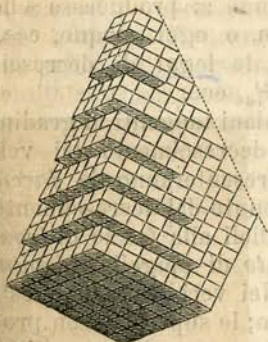
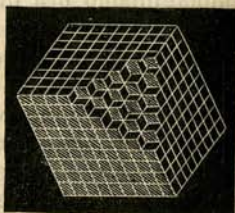
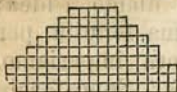
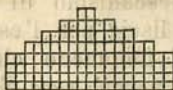
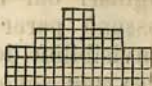
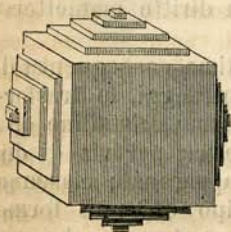
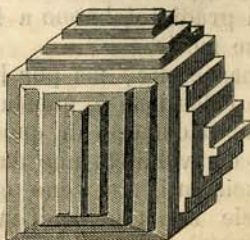



Fig. 88.
Fig. 89.
Fig. 90.
Fig. 91.
Fig. 92.
Fig. 93.
Fig. 94.
Fig. 95.
Fig. 96.

otto, ecc., rispetto a quello di partenza (fig. 92, 93). Il numero *due* di file perdute per uno strato di particelle sarà la legge di quel decrescimento, espressa con $^1/_2$. Se gli strati perdessero, progressivamente tre file ciascuno (fig. 94), la legge sarebbe espressa con $^1/_3$. Se invece la perdita, per esempio, di tre file non si producesse che ogni due, o ogni quattro, o ogni cinque, ecc., strati (vedansi i modelli), le leggi di decrescimento sarebbero $^3/_2$, $^3/_4$, $^3/_6$, ecc.

Immaginiamo ora dei piani tangenti ai gradini o ai rilievi inerenti al decrescimento dei veli molecolari. Essi ci rappresenteranno le *faccie modificatrici*, derivate appunto dal decrescimento compiutosi. Saranno paralleli alle faccie di *troncamento* o di *smussamento* di spigoli, di *spuntamento* di angoli, ecc. Nei veri cristalli questi piani tangenti non ci sono; le superficie son propriamente quelle prodotte a gradini, a rilievi angolari dal meccanismo di cui diamo l'idea; possono parer liscie per l'estrema tenuità, per l'invisibilità del fenomeno che ora impariamo. Esse *non sono perciò vere faccie!* Sono faccie simulate, illusorie; i soli elementi piani dei singoli gradini debbono a buon diritto ammettersi come faccie.

Inaspettata, ma pur legittima conseguenza di tale riflessione è questa: i passaggi, le trasformazioni del tipo di quelle forme cristalline che son derivabili le une dalle altre, per via di decrescimenti, non sono che apparenze; ciascuna specie minerale ha il suo tipo unico di forma geometrica. La cristallografia matematica ha per

soggetto le posizioni rispettive di piani in gran parte ideali; ha per elementi certi e positivi le orientazioni di questi piani, necessariamente vincolate dalla inevitabile loro tangenza ai gradini di decrescimento. Ma per la cristallografia strutturale, non avvi altra vera forma, per ogni singola specie, che la sua forma primitiva.

Se vogliamo ora acquistare a colpo d'occhio un sufficiente concetto dei decrescimenti, dobbiamo scegliere nella scansia dei modelli quelli che sono particolarmente destinati ad illustrarli. Nei cristalli veri il fenomeno ci verrebbe tutto al più rappresentato da finissime strie e dalle scabrezze delle faccie.

Contentiamoci di considerare altri quattro soli di detti modelli, avendo già notati i due casi

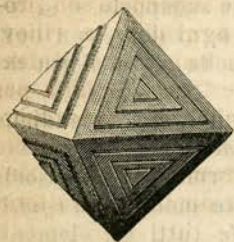
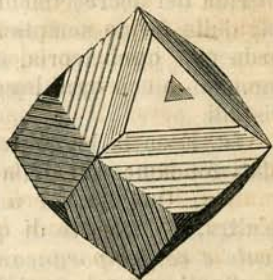



Fig. 97. Fig. 98.

istruttivissimi del prisma esagonale, che decrescendo passa alla doppia piramide esagonale (esagono-dodecaedro) e del romboedro, che decresce allo scalenoedro (fig. 89 e 90).

Nei modelli scelti vediamo difatti gli strati di

particelle cubiche addossarsi alle faccie del cubo per trasformarlo ora in un cubo piramidato (tetraesaedro) (fig. 95) ora in un dodecaedro pentagonale (fig. 96). Vediamo gli straterelli di particelle ottaedriche deporsi sulle faccie dell'ottaedro per trasformarlo in un ottaedro piramidato (triaottaedro) (fig. 97) e in un dodecaedro romboidale (fig. 98). Che se volessimo profittare altresì del modello successivo, esso ci dimostrerebbe a prima vista come il decrescimento di un romboedro possa condurre a un prisma esagonale dominante (fig. 99).

Fig. 99.

Concluderemo questo cenno dicendo che la dottrina dei decrescimenti spiega tutti i passaggi noti dalle forme semplici alle composte, e si accorda con ogni teoria, con ogni dato, con ogni fenomeno e con ogni legge nella storia fisica dei cristalli.

62. Ecco le leggi nelle quali si compendiano i dati fondamentali della cristallografia:

a) Quando ad una forma se ne associa un'altra, le facciette di questa modificano *egualmente e contemporaneamente* tutti gli elementi eguali cui spetta la modificazione; ovvero la metà di essi, *presi alternativamente;* in casi rari, un quarto di essi.

È la legge detta di simmetria. In quell'enunciato l'avverbio *egualmente* significa che la modificazione si produce sulle parti eguali, secondo una data legge di decrescimento; vale a dire

collo stesso rapporto fra il numero delle file di particelle che ciascuno strato va perdendo in *larghezza,* e il numero degli strati i quali nel medesimo tempo vanno perdendo le file medesime.

L'avverbio *contemporaneamente* vuol dire che il ritmo di azione termodinamica che presiede a un dato modo di decrescimento è *isocrono* sugli elementi eguali del cristallo dove avvengono le modificazioni. Queste possono, del resto, iniziarsi e compiersi in tempi effettivamente diversi sulle parti che vi si assoggettano.

Quando gli elementi geometrici eguali di una forma si modificano alternatamente, quindi solo per metà del loro numero, si ha la emiedrìa di modificazione. Se per un quarto, si ha la tetratoedrìa.

b) Data la serie delle forme cristalline possibili in una qualsiasi specie minerale, se questa è pura e di temperatura uniforme, *sussiste sempre una comune unità di misura,* e perciò un rapporto razionale, fra le lunghezze dei parametri omologhi che in esse forme si considerano.

Dunque i parametri di forme diversissime, ma della medesima specie minerale, sono rispettivamente commensurabili. Ammettono una comune unità di misura; e se in ciascuna forma si facciano eguali ad 1, i parametri della medesima direzione, i rapporti degli altri divengono semplicissimi, e si possono rappresentare con numeri intieri.

Questa è la legge detta di razionalità. Essa

sta nella fisica dei cristalli per gli adunamenti molecolari, come la legge delle proporzioni definite sta nella chimica dei composti, per le combinazioni atomiche.

Data l'identità di natura, quindi l'identità di dimensioni, ad una temperatura uniforme, di tutte le particelle fisiche componenti un cristallo, la legge ora enunciata si comprende subito come una inevitabile, necessarissima conseguenza della costituzione fisica dei cristalli in generale. Difatti la lunghezza di ciascun parametro, che per qualsiasi specie di faccia che lo determini risulta sempre da un allineamento regolare di particelle fisiche, sarà il multiplo delle dimensioni di queste stesse particelle; quindi sia esso definito dall'intersezione di faccie di esagono-dodecaedri acuti o ottusi, o di scalenoedri, o di romboedri, o di prismi esagonali, o di trapezododecaedri, ecc., se questi solidi sono generati da identiche particelle (sono, cioè, di una data specie minerale), queste particelle somministreranno sempre colle loro dimensioni, nelle direzioni dei parametri, le unità di misura dei parametri istessi; e questi, perciò, saranno sempre rispettivamente razionali e fra loro commensurabili.

Se si supponga che la temperatura si muti in modo uniforme nella massa, le dilatazioni o le contrazioni vi avverranno con rispettiva uniformità, e la razionalità dei parametri vi rimarrà inalterata, ancorchè la massa possa essersi dilatata con diverso coefficente nelle direzioni assiali diverse.

Invece non vi è ragione alcuna perchè le tre

dimensioni delle singole particelle, ossia, dei paralellopipedi elementari primitivi, sieno razionali fra loro. La possibilità di graduate variazioni termiche esclude anzi tale razionalità, *a priori*, e difatti in natura generalmente non sussiste.

c) La terza legge si enuncia così: In una qualsiasi forma cristallina potranno prodursi tutte le modificazioni *che sono subordinate alle leggi di simmetria e di razionalità,* ovvero: vi potranno coesistere tutte le facce di quelle forme diverse *nelle quali i parametri omologhi sono fra loro commensurabili.*

È questa la legge che s'intitolò degli assi.

Implica la norma di tutte le innumerevoli combinazioni di forme, dei cristalli ricchissimi di svariate specie di faccie modificatrici. Aggiunge chiarezza al concetto razionale di specie mineralogica, ed è una così diretta conseguenza delle leggi precedenti di simmetria e di razionalità che si può ritenere quale una variante dei loro enunciati.

63. Un'ultima considerazione viene a confermarci nella certezza che le leggi cristallografiche ora formulate sono leggi naturali e costanti. Le forme di alquanti poliedri geometricamente regolari, e che i geometri sogliono assumere come tipiche, determinandole rigorosamente, *sono affatto impossibili fra i cristalli!*

Donde una tale impossibilità, che ci viene confermata dal fatto che mai esse si riscontrarono in natura?

Semplicemente da questo: che in ciascuna di tali forme (pentagono-dodecaedro regolare a faccie

equiangole ed equilatere; icosaedro regolare a faccie triangolari equilatere; triacontaedro romboidale con trenta faccie rombiche eguali; icosaedro piramidato, con sessanta triangoli isosceli; le doppie piramidi colle basi equiangole, rispettivamente ottagona e dodecagona, ecc.), le faccie non sono identicamente riferibili ad un dato sistema di assi; alcune incontrando gli assi a certe distanze parametriche le cui lunghezze sono *irrazionali* con quelle cui i medesimi assi sono incontrati dalle altre faccie concomitanti.

In una parola, disobbediscono alla legge di razionalità.

Dunque, tali forme, possono bensì costruirsi di legno, di vetro, di filo di ferro, da un artefice; non già prodursi mediante un sistema regolare di particelle minerali, identiche e identicamente orientate.

ZONE DI FACCIE.

64. Si concedano, finchè siam davanti ai modelli cristallografici, alcune poche e semplici definizioni.

Si dicono zone di faccie i sistemi di quelle faccie, nei poliedri, che sono parallele ad un asse rettilineo comune. Quest'asse è l'asse della zona; e può essere una linea di simmetria, cioè uno degli assi cristallografici adottati.

NOTAZIONI DELLE FORME CRISTALLINE.

Si dicono notazioni delle forme cristalline le convenzionali maniere di scrivere, con simboli opportuni, e di individuare le posizioni

delle faccie rispetto ai loro assi coordinati, ossia alle loro linee di simmetria. I segni (lettere, con o senza coefficienti generali o numerici, cifre, ecc.), con i quali s'indicano le situazioni di una data faccia rispetto ai suoi tre, o quattro assi, sono gl'indici di essa faccia. — Il loro assieme è il simbolo della faccia: l'assieme dei simboli di una forma è la notazione che le spetta.

Per es., se *indichiamo* con 111, ovvero con a, a, a, i tre parametri eguali caratteristici delle forme fondamentali del primo sistema isometrico; e se, fatti certi che le faccie del dodecaedro romboidale incontrano egualmente due dei tre assi coordinati, e sono parallele al terzo asse, scriviamo 110, ovvero a, a, ∞ a, avremo due notazioni egualmente proprie ed esclusive delle faccie di quella forma; se contrassegniamo con quattro vocali le quattro coppie di angoli, opposti diagonalmente, di un parallelopipedo fondamentale; e con consonanti le sei coppie di spigoli opposti c. s.; e se pensiamo che sopra un cubo si origina il dodecaedro romboidale pel decrescimento coi suoi spigoli (**b**), di *una* fila per *ciascuno* strato, scrivendo **b** $^{1}/_{1}$ scriveremo la genesi delle faccie rombododecaedriche e la loro ubicazione sul cubo fondamentale. Dunque anche la notazione **b** $^{1}/_{1}$ sarà esclusivamente indicativa di quelle faccie medesime.

PROIEZIONI CRISTALLOGRAFICHE.

Le forme dei cristalli si possono rappresentare con figure prospettiche o axonometriche: ovvero colle *projezioni;* cioè, projettando sopra un piano,

secondo una data convenzione, i punti nei quali le faccie sono attraversate dalle perpendicolari condotte su di esse dal centro, (origine delle coordinate), e contrassegnandovi questi punti con i simboli rispettivi.

V. — I GEMINATI E LE FORME PSEUDOTIPICHE CHE NE DIPENDONO.

65. È impossibile percorrere coll'occhio una serie di cristalli naturali o di modelli ben costruiti, e non restar colpiti da certe singolari maniere di unione di due, di tre, o più singoli poliedri, in un complesso dotato di speciale simmetria.

Non mancano davvero gli esempii di tali riunioni, o compenetrazioni cristalline. Nella serie dei modelli sono imitate in legno le più istruttive e frequenti. Sono incrociamenti di prismi ad angolo retto, od obliqui; sono gruppi di tre cristalli che si attraversano nelle direzioni di tre assi ortogonali; sono saldature di lamelle piane e faccettate intorno ad un asse comune; ovvero stellette a sei elementi cristallini, alla lor volta aggregatisi e divergenti con date incidenze; sono interposizioni di una forma entro di un'altra eguale, ma inversamente orientata; sono infine adesioni di due metà di un poliedro regolare, normale, ma disposte in modo da parere che una delle due metà abbia girato di 45°, o di 60°, o di 90°, o di 180°, intorno ad un perno, sul piano della reciproca adesione.

Tutto questo lo vediamo benissimo nei pezzi

che ci stanno dinanzi, veri cristalli, o modelli artificiali che essi sieno.

Di qual cosa si tratta? Deve essere senza dubbio una delle eminenti particolarità della cristallografia.

Si tratta dei GEMINATI. — Il loro studio è del maggiore interesse; e questo interesse va aumentando per il procedere di nuovi studii teorici e sperimentali sulla geometria dei cristalli.

GEMINATO è la unione, o la compenetrazione di due o più poliedri, secondo una legge semplicissima: *il piano di geminazione* (che passa simmetricamente per ogni coppia di poliedri, interessandoli identicamente), *deve obbedire alla legge della razionalità dei parametri.* — Dunque esso rappresenta una faccia possibile in quei poliedri, o cristalli; deve poter modificare, trasportato parallelamente a sè stesso, qualche elemento (angolo o spigolo), dei cristalli geminati, secondo la legge di simmetria.

Ciò posto, ci limiteremo a distinguere i modi noti di geminazione, come appresso:

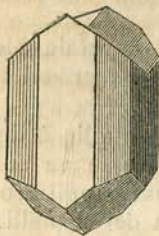
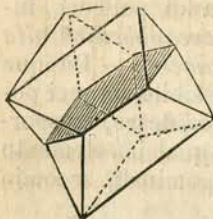
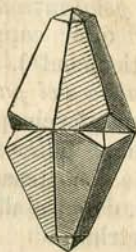
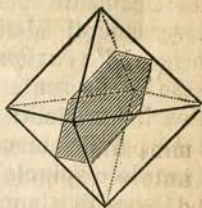
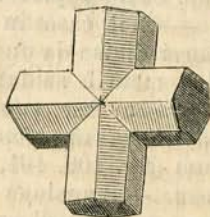
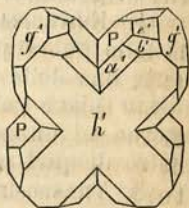
1.° EMITROPIA. — È il caso in cui un solo cristallo può supporsi diviso da un piano, in due metà; una delle due metà è saldata all'altra in questo piano come se avesse ruotato *di 180.°* intorno ad un *asse di geminazione*, normale al centro di quel piano (fig. 100, 101, 102).

2.° TRASPOSIZIONE. — È analoga all'emitropia; ma la rotazione apparente è di soli 60° (figure 103, 104).

3.° PENETRAZIONE RECIPROCA DI DUE POLIEDRI. — È l'incrociarsi di due cristalli, obliquamente, ovvero a 90.° (fig. 106, 107, 108).

Fig. 100. Fig. 101. Fig. 102.

Fig. 103. Fig. 104. Fig. 105.

Fig. 106. Fig. 107. Fig. 108.

4.° Interposizione di lamine sottili nei cristalli, con date orientazioni. — Sono come vere

emitropìe incluse in una massa che può essere la continuazione d'una delle due metà geminate. I cristalli, nei quali si scorgono mercè i fenomeni della luce tali geminazioni, possono parere semplici ed omogenei di struttura.

5.° Aggruppamento polisintetico di più poliedri. — È una delle più frequenti maniere di ge-

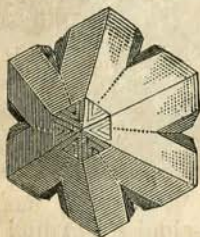



Fig. 109.

Fig. 110.

minazione. — Si può considerare come data dalla unione, secondo la legge citata, di due coppie di geminati, o di tre; in casi rari di un numero maggiore. (fig. 109, 110, 111). Vi appartengono le forme *stellate*, di cui la neve ci dà esempio (fig. 112, 113).

Fig. 111.

Le tracce visibili sulle facce di cristalli geminati, dei piani di geminazione, si dicono: suture di geminazione.

Conseguenza diretta della geminazione dei cristalli sono le così dette forme genicolate, di cui dà bell'esempio il biossido di titanio (fig. 114); e *gli angoli rientranti*, subor-

dinati alla simmetria dei singoli poliedri e del geminato complessivo, i quali accompagnano le emitropíe, le trasposizioni, e più cospicuamente

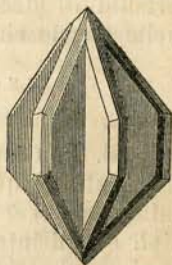



Fig. 112. Fig. 113.

gl'intrecciamenti, le intromissioni e i gruppi polisintetici.

Nelle forme uniche dei cristalli gli angoli rientranti *non possono esistere;* tranne che nei gradini di decrescimento, e così nelle strie e nelle tremìe che ne dipendono.

LE FORME PSEUDO-TIPICHE.
(PSEUDO-SIMMETRICHE O MIMETICHE).

66. Non lascieremo il gruppo dei modelli di geminati, nè quello dei cristalli veri, che per geminazione ci si presentano simmetricamente multipli e polisintetici, senza instituire una osservazione che si rannoda ad un recentissimo e importantissimo indirizzo di studii. Scegliamo fra gli altri il cristallo trigemino della fig. 115. Messi sull'avviso facilmente noteremo che i tre cristalli prismatici che s'incrociano, secondo tre piani

a 90.°, stanno fra loro come i tre assi reciprocamente eguali e perpendicolari del primo sistema cristallino. Noteremo che le condizioni cristallografiche — geometriche e strutturali — dell'assieme sono le stesse nelle tre direzioni assiali, e nelle otto posizioni intermedie; che havvi perciò simmetria centrale, o sferoedrica; e che la

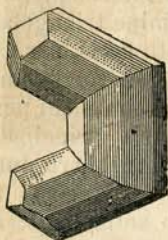
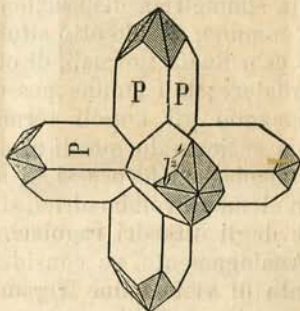



Fig. 114. Fig. 115,

identica qualità dei sei poliedri convergenti al centro implica eziandio una particolare isotropia nel complesso.

Risulta quindi, in quel trigemino di una sostanza ortorombica, una disposizione *di tipo isometrico*. Talmente che, se in ciascun ottante, ed intorno a ciascuno dei sei elementi prismatici che convergono *all'origine*, ossia al centro, di figura si sovrapponessero, colla stessa simmetria, nuove e identiche particelle, tanto da riempire gli spazii interposti, quel trigemino potrebbe benissimo simulare un ottaedro regolare, o un cubo, o un rombododecaedro del 1.° sistema; nè le indagini

ottiche, termiche, meccaniche, potrebbero — se scompagnate da ricerche comparative di molti altri cristalli della stessa sostanza — rivelare immediatamente la vera natura ortorombica e multipla di quei poliedri.

Saremmo in presenza di un fatto di pseudo-cubicità. — Un fatto consimile lo troveremmo nella simmetrica disposizione, intorno a un centro comune, e nelle otto situazioni intermedie alle tre coordinate normali, di otto lamine triangolari equilatere; tali lamine possono ottenersi, per es., troncando gli angoli terminali dei romboedri, ossia sezionando questi romboedri con piani perpendicolari ai loro assi di simmetria principale. Con elementi romboedrici, si comporrebbero dunque degli ottaedri regolari.

Analogamente, se consideriamo sotto lo stesso punto di vista i due trigemini delle fig. 110, 111, (Cerussite e Witherite), nei quali tre cristalli pure ortorombici, appiattiti, s' incrociano a 60.°, quindi con perfetta simmetria esagonale; e se i vacui intermedi venissero riempiuti da particelle della loro stessa sostanza, e identicamente disposte su ciascuno, troveremmo che si sono generati dei prismi in apparenza esagonali, o del 3.° sistema, ma realmente essi sono ortorombici, o del 4.° sistema. Il fenomeno che vedremmo, dicesi pseudo-esagonalità. Infine se immaginiamo compenetrati in geminazione polisintetica quattro prismi monoclini di Armotoma, non guardando la disposizione delle strie superficiali, l'insieme parrà un cristallo semplice ortorombico; dunque, pseudo-rombicità. — E se due di

tali complessi si penetreranno, incrociandosi a 90.°
come vedesi nella fig. 116 presa dal vero, si avrà

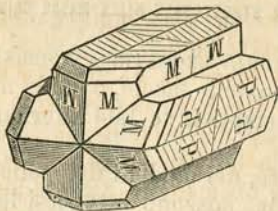



Fig. 116.

una simmetria dominante tetragonale. — Ossia si avrà un caso diverso, che dicesi di p s e u d o-o r t o g o n a l i t à.

Sono queste singolari geminazioni, e parecchi casi di aggregati multipli pseudo-simmetrici, che si dissero m i m e t i c i, e che formano oggidì il soggetto di sagacissime e interessanti ricerche. Giorno per giorno se ne vanno scoprendo nuovi esempi nel regno dei cristalli; e perciò i minerali, che si erano classificati si vanno trasportando dagli uni agli altri sistemi tenendo conto unicamente della loro apparenza superficiale.

Tuttavia la divisione delle forme cristalline in sei sistemi non verrà perciò abolita, per quanto sia inerente alla geometria fondamentale della natura inorganica; ma gli apprezzamenti della scienza umana che vi si riferiscono, saranno, senza dubbio, incessantemente modificati.

VI. — EMIEDRIA ED EMIMORFIA NEI POLIEDRI. DISSIMETRIA STRUTTURALE NELLE MASSE CRISTALLINE.

67. L'EMIEDRIA GEOMETRICA consiste nell'*alternante* sviluppo delle faccie, o delle modificazioni, nelle forme semplici, se tale alternanza vi è possibile. [1]

Praticamente, nei modelli dei poliedri suscettibili di emiedrìa, possono ottenersi le forme emiedriche estendendo le loro faccie alterne, con lamine piane che vi si sovrappongono. Abbiasi un ottaedro: si estendano quattro, alterne, delle sue otto faccie, come vedesi fatto nel modello 117 (v. fig.). Si avrà una forma chiusa, a quattro faccie, un tetraedro. Dedurremo da ciò che il tetraedro è la FORMA EMIEDRICA, dell' ottaedro. Se avessimo estese invece le quattro faccie, che nel modo ora indicato rimasero come soppresse, avremmo ottenuto un identico tetraedro; ma orientato a 90.° del primo. Se i due tetraedri si concepiscono riuniti a 90.° fra loro, come in geminazione, lo spazio interno, *comune*, che essi limiteranno, sarà necessariamente di forma ottaedrica. Il modello 118, ci dimostra a colpo d'occhio tale condizione. L'ottaedro, in tal guisa costituitosi di due forme emiedriche associate, è la forma OLOEDRICA di ciascuna di queste.

Dunque, una data forma oloedrica, può sempre

[1] Per es. nell' esaedro, nel dodecaedro romboidale è impossibile scegliere faccie fra loro alternanti, o come suol dirsi, *una sì e una no,* in un sistema di faccie contigue.

dar luogo a *due forme emiedriche* ad essa spettanti; una, collo sviluppo di una metà delle sue proprie faccie; (sempre prese alternativamente); l'altra forma, collo sviluppo dell'altra metà di dette faccie. Quelle due forme emiedriche sono fra loro identiche, ma inversamente situa-

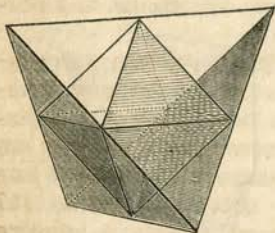
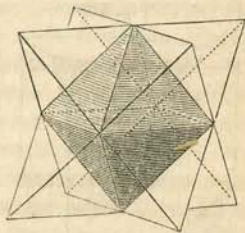



Fig. 117. Fig. 118.

te. Diconsi perciò l'una *inversa* dell'altra. Modificando una qualsiasi forma emiedrica coll'aggiunta delle faccie della sua inversa, si ricostruisce la forma oloedrica normale; difatti troncando i quattro angoli di un tetraedro colle quattro faccie del tetraedro suo inverso, si rigenera l'ottaedro (fig. 119).

Se in un dodecaedro esagonale estendiamo sei alterne delle sue dodici faccie, si consegue un romboedro, (figura 120); il romboedro è la forma emiedrica dell'esagonododecaedro; questo, alla sua volta, è la forma oloedrica del romboedro. Virtualmente, esso rappresenta la sintesi di due romboedri eguali ed inversi. Nei cristalli veri l'emiedrìa geometrica suol palesarsi in due modi: 1.° colla comparsa di facciette modificatrici sugli angoli eguali, o sugli spigoli eguali di una

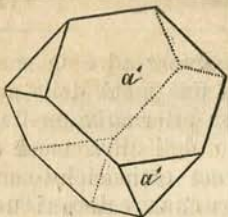



Fig. 119.

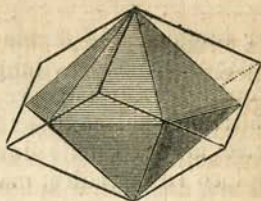



Fig. 120.

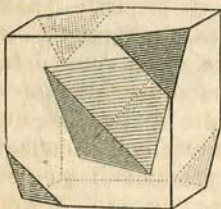



Fig. 121.

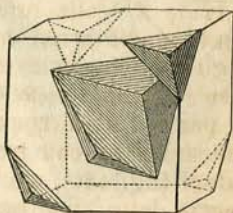



Fig. 122.

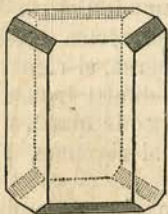



Fig. 123.

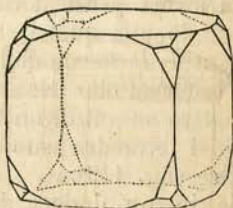



Fig. 124.

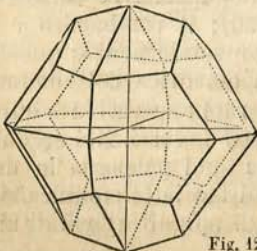



Fig. 125.

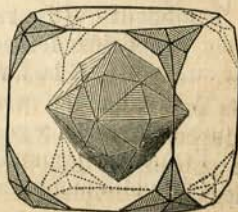



Fig. 126.

data forma, ma presi alternativamente; per es. col troncamento o collo spuntamento di soli quattro, degli otto angoli di un cubo, generando così il tetraedro regolare (fig. 121), ovvero il tetraedro triapiramidato (fig. 122), e col troncamento *di soli sei*, dei dodici spigoli terminali eguali di un prisma esagonale, ciò che conduce al romboedro (fig. 123); 2.° colla presenza di facciette analogamente modificatrici, ma *su tutti gli angoli*, o *su tutti* gli spigoli eguali; peraltro, su ciascuno di tali elementi *con sola metà* della modificazione possibile; per es., collo spuntamento di tutti gli otto angoli del cubo con tre facciette, obliquamente situatevi (fig. 124), ciò che produce il solido a 24 faccie detto emiottaesaedro (fig. 125), anzichè con sei facciette dello spuntamento normale che dà la forma a 48 faccie, oloedrica della prece-

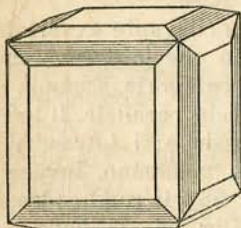



Fig. 127.

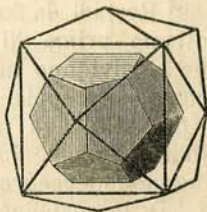



Fig. 128.

dente, ossia il tetracontaedro (fig. 126); ovvero collo smussamento di tutti i 12 spigoli del cubo medesimo; ma sviluppando su ciascun spigolo una sola delle due faccie (fig. 127) che nella modificazione completa produrrebbero la forma oloedrica, che è un cubo piramidato (figura 128),

anzichè un dodecadro pentagonale emiedrico di questo.

68. L'emiedria fu ritenuta in addietro come una flagrante eccezione alla legge di simmetria, che implica la modificazione eguale e contemporanea di *tutti* gli elementi eguali di un cristallo. Nel formulare questa legge abbiamo prevista tale creduta eccezione nel § 58; ed invero, basta non fidarsi dell'apparenza puramente geometrica dei poliedri, dove le faccie di decrescimento non sono che i piani teorici tangenti al decrescimento donde emergono; e riferirsi invece alle condizioni strutturali volendo decidere dell'eguaglianza reale di angoli e di spigoli nei cristalli, per evitare non solo ogni eccezione alla legge di simmetria, ma per condurre eziandio le apparenti eccezioni a confermare egregiamente la legge medesima.

69. Restaci da fare una rilevante avvertenza. Notiamo prima di tutto che le forme emiedriche si dividono in due categorie, secondo che hanno, o no, coppie di faccie parallele. Il tetraedro (fig. 115), non ne possiede; i tetraedri piramidati (fig. 39, 40, 45), nemmeno. Invece, il pentagonododecaedro (fig. 38), il romboedro (figura 55), lo scalenoedro (fig. 56), le hanno. Ma la più importante distinzione è quella delle forme emiedriche *inverse fra loro, e sovrapponibili*, da quelle pure *inverse*, ma *di impossibile sovrapponibilità*. Ecco come sta il fatto: due oggetti possono essere simili fra loro, eppure non sovrapponibili; vale a dire, può sussistere la impossibilità che uno di essi occupi esattamente lo

spazio lasciato dall'altro, abbenchè della stessa forma e dello stesso volume; come la mano destra non può entrare nel guanto della sinistra. Pigliamo una vite ad elica destrorsa; guardiamola in uno specchio, vedremo una vite ad elica sinistrorsa, che ci parrà identica alla prima, es-

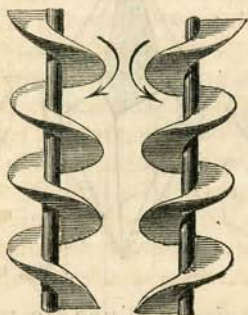



Fig. 129.

sendo la sua propria immagine (fig. 129); ma se quest'immagine fosse una cosa reale e solida, non potrebbe introdursi nella madrevite della prima, di quella cioè che si è presa, e poi veduta per riflessione.

Un romboedro può sempre concepirsi sovrapponibile ad un altro della stessa forma e grandezza; ma se all'idea della forma di quel romboedro si sostituisce quello della sua struttura, e ci figuriamo tutte le sue molecole identicamente vibranti con rotazioni spirali od elicoidi, quel romboedro dove esse sieno destrorse non sarà più meccanicamente sovrapponibile a quello dove sieno invece sinistrorse, abbenchè di forma geo-

metricamente eguale. Richiameremo fra poco questa considerazione. Infine, i due trapezododecaedri, emiedrici *inversamente* di uno stesso didodecaedro (fig. 130), non sono sovrapponibili,

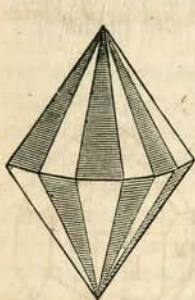
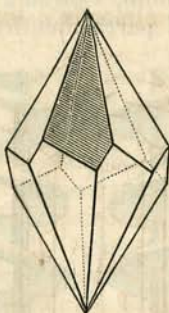



Fig. 130. Fig. 131.

sebbene l'immagine dell'uno (in uno specchio), dia precisamente le forme dell'altro (fig. 131); in uno le faccie *obliquano* verso *destra* esso è *destrorso;* nell'altro, che è *sinistrorso*, esse *obliquano* a sinistra.

70. L'Emimorfía è una specie di emiedría. I cristalli emimorfi presentano differenti faccette modificatrici alle due estremità opposte di un medesimo asse, in cui vi sia linea di simmetria.

Tale condizione risulta più appariscente nei prismi, in confronto alle forme piramidate o sferoedriche. Basta guardare un modello di taluni prismi di Tormalina (fig. 133), di Calamina (figura 132, 134), per riconoscervi l'emimorfía sviluppata nella più istruttiva maniera.

Quasi direbbesi che per tale condizione i cri-

stalli si avvicinano ai tipi superiori di piante e di animali, dove le due estremità della linea assile di sviluppo presentano rispettivamente il massimo ed il minimo di complicanza negli organi, il + ed il — nell'attitudine e nell'ordine delle funzioni.

Dicendo che l'emimorfía *è una specie di emie-*

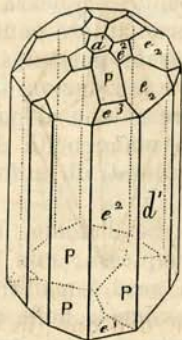
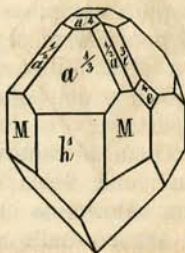



Fig. 132. Fig. 133. Fig. 134.

dría, si afferma il fatto che le facciette proprie di una delle due estremità, così *geometricamente* o *eteromorficamente* polarizzate, spettano a forme cui manca nella estremità opposta il rispettivo complemento; e che perciò restano ivi come *dimezzate*, colla sola metà delle faccie loro proprie, riferibili al piano dei loro assi orizzontali.

LA DISSIMETRIA STRUTTURALE.

71. Guidati da una generalizzazione cui le scoperte della scienza sembrano dare sempre nuove conferme, molti scienziati paragonarono e

ravvicinarono i fenomeni del moto molecolare a quelli del moto dei pianeti e dei sistemi di stelle.

I pianeti, molecole cosmiche nel firmamento, ruotano intorno ai loro assi; il loro sistema gira intorno al sole; il sistema solare si trasferisce verso ignote plaghe dello spazio infinito, probabilmente descrivendo alla sua volta una curva ellittica di incalcolabile ampiezza. Atomi e molecole oscillano intorno ai loro punti di equilibrio; le particelle condensate, partecipano a vibrazioni vieppiù complesse; e le rotazioni *intorno ad assi di polarità* ci si presentano al pensiero come le più verosimili nelle omogeneità dei vapori, dei liquidi e dei solidi dotati di uniforme e regolare struttura.

Tutto si muove. Se l'atomo, la molecola, la particella fisica complessa, non si muovessero non sapremmo che cosa è materia; la rotazione ci appare, nelle massime e nelle minime manifestazioni della materia ai sensi, quale una condizione normale del moto.

Ma la rotazione intorno ad un punto, ad un asse implica evidentemente la dissimmetria di moto nel luogo dove essa si compie. La rotazione sarà da destra a sinistra, o da sinistra a destra di un osservatore, convenientemente situato. — Un medesimo punto materiale potrà ruotare in direzione esclusivamente *destrogira* o esclusivamente *levogira*, descrivendo circoli o spirali a due o a tre dimensioni; ovvero potrà percorrere curve a tre dimensioni passando da una fase destrogira ad una levogira e viceversa; come se descrivesse di continuo la cifra 8 su

quattro spigoli fra loro opposti ed a 90.°, in un tetraedro.

Ciò ammesso, la DISSIMETRIA diviene una condizione naturale e universale; imperocchè essa è inerente a tuttociò che si muove; e nulla sta immobile nell'Universo fisico.

La polarità dei singoli elementi che vibrano ruotando si farà sensibile nelle loro masse ogni qualvolta le rotazioni si facciano ésclusivamente (o prevalentemente almeno), nella stessa direzione, derivando da ciò fenomeni proprii e caratteristici di tale polarità complessiva. Immaginiamo uno spazio occupato da una moltitudine di piccoli aghi calamitati che due a due attraendosi con i loro poli di diverso segno rendano dissimulata, nelle singole coppie, la loro inerente polarità. Il loro assieme, quindi la massa che compongono, non manifesta, in una data direzione, energia di polarità magnetica. Ma se una potente calamita si avvicini, e costringa tutti quegli aghi a dirigersi verso uno dei suoi proprii poli, il sistema di aghi, perciò la massa che essi compongono si polarizza. Se inoltre supponiamo che in ciascun ago calamitato l'asse di polarità sia l'asse comune di un sistema cilindrico di singole rotazioni annulari che si susseguono, come nelle spirali di filo metallico percorse da una corrente (solenoïdi), le quali si comportano egualmente agli aghi di ferro calamitato, l'esempio ora addotto ci consentirà viemeglio l'idea dello stato di polarità dinamica nelle particelle e nelle masse di corpi atti a cristallizzarsi, e della dissimetria strutturale che ne rappresenta la condizione inerente e caratteristica.

72. Non è ancora permesso di prevedere quali e quanti fenomeni saranno compresi nei tempi avvenire sotto il titolo di dissimmetria strutturale e forse di polarizzazione molecolare. — Occupandoci qui, in faccia a tanti bei cristalli, di pura ed elementare mineralogia, rinunziamo volentieri a teorie che possono parere astruse, ed a conclusioni che rischiano di essere imprudenti. Limitiamoci perciò ad alcune indicazioni di fatti positivi, ed oggidì bene accertati nella storia fisica dei cristalli.

Premettiamo una semplice riflessione; se riferiamo i fenomeni fisici di polarità dei cristalli ad una prevalente, se non totale dissimetria di moto nelle loro masse, si fa inevitabile la loro divisione in tre categorie:

1.ª Cristalli le cui particelle fisiche sono tutte o prevalentemente *destrorse;*

2.ª Cristalli le cui particelle fisiche sono *sinistrorse;*

3.ª Cristalli nei quali il prossimo o completo neutralizzarsi delle due inverse condizioni ora indicate, produce uno stato di inerzia apparente, e la mancanza dei fenomeni che sono caratteristici di quelle due condizioni medesime.

Ciò posto, ecco che cosa può asserirsi in proposito:

A) I cristalli fisicamente attivi, con fenomeni di polarità, sogliono presentare faccie disposte obliquamente con direzioni ora destrorse, ora sinistrorse ed appartenenti a forme emiedriche *prive di sovrapponibilità. Nei cristalli fisicamente destrogiri, tali faccie sono costante-*

mente dirette a destra; in quelli levogiri, lo sono immancabilmente a sinistra. Vedremo il Quarzo presentarsi in cristalli che fanno ruotare verso destra il piano di polarizzazione della luce che li percorre parallelamente al loro asse di simmetria (§ 106); questi cristalli offrono faccie oblique (plagiedre), *inclinate a destra.* L'inverso accade nei cristalli di Quarzo che fanno girare a sinistra il piano di luce polarizzata (fig. 135).

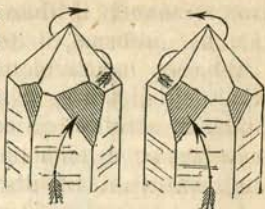



Fig. 135.

B) La dissimmetria molecolare e l'attività fisica che può conseguirne, sono tutt'altro che esclusive delle masse cristalline. Sono invece frequentissime nelle masse amorfe, colloidali, di origine organica, quali le gomme, le essenze, la cellulosa, l'albumina, talune materie vetrificate, lo zucchero fuso, per esempio. Il quarzo otticamente attivo in cristalli, diviene inerte se fuso; ma lo zucchero, inerte se cristallizzato, acquista l'attività ottica *giratoria* per via di soluzione o di fusione. I cristalli inattivi dei tartrati, dell'acido malico, di taluni alcaloidi, dànno soluzioni attivissime; ed è attiva la canfora in istato di vapore, mentre non lo è nelle sue masse cristalline.

73. Dunque lo stato eminentemente caratteristico dei corpi inorganici, lo stato cristallino, poliedrico nella forma e regolare nella struttura, non è necessario per le manifestazioni dell'emiedría strutturale, della dissimetria; non solo;

ma per il modo di equilibrio reciproco delle molecole può anzi essere ostile a quelle manifestazioni frenando il libero moto vibratorio, o di rotazione uniforme, delle singole particelle.

Ed ecco infatti moltiplicarsi nel campo dei derivati chimici non cristallini, dei corpi organici, i casi di attività ottica deviatrice del piano di polarizzazione della luce; casi rarissimi fra i cristalli minerali. La dissimetria, le disposizioni a spirali destrogire e levogire, sono d'altronde comunissime anche nelle forme esteriori degli esseri organizzati e viventi; sono anzi caratteristiche di parecchie famiglie di animali, e dei verticilli di quasi tutti gli organi appendicolari nelle piante fanerogame.

74. Nel regno minerale si riscontrano disposizioni spirali, contorte e dissimetriche. Le tremíe dei cubi di joduro potassico, dei romboedri di bismuto, sono vere spirali, ad elementi rettilinei. discendenti ad un apice; ma la più mirabile ed istruttiva estrinsicazione della dissimetria molecolare, in forme geometricamente dissimetriche la vediamo in quei gruppi di cristalli di Quarzo finora trovati a Goschenen, a Porretta e in poche altre località, e solo recentemente presi in attento esame.[1] Essi ci presentano dei sistemi piani di prismi, saldati fra loro longitudinalmente come per comporre delle lastre; i più lunghi essendovi intermedii (fig. 136).

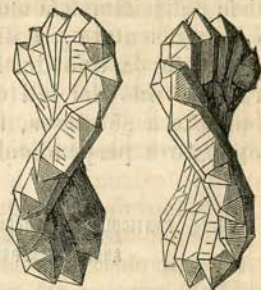
Ma a veder tali lastre, se affatto s'ignorassero

---

[1] Bombicci, *L'emiedría strutturale e il Quarzo plagiedro in gruppi paraboloidi.* Bologna, 1872.

le dissimetrie strutturali; se non si avesse la sicurezza dell'originaria rigidità di quei pezzi di quarzo cristallizzato, si direbbe che essi furono rammolliti, e che taluno, afferratili colle mani ai due lati tentò di contorcerli, come quando si vogliono spremere i panni bagnati.

Fig. 136.

La contorsione vi è peraltro appena incipiente. Varia di grado nei diversi esemplari. Talvolta le lastre sembrano di un sol pezzo; più spesso presentano evidente la moltitudine de' prismi che le compongono.

I prismi son tutti plagiedri: o *di destra*, o *di sinistra*.

Le lastre sono tutte di curvatura PARABOLOIDE.

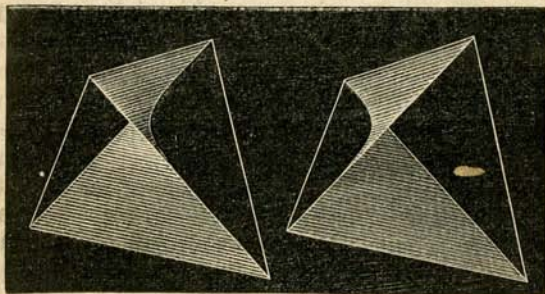



Fig. 137.

Il senso di questa curvatura è destrorso, se i prismi son plagiedri di destra; è sinistrorso, se lo sono, invece, di sinistra.

Le fig. 136 e 137 dimostrano al pari dei modelli di vetro o metallo donde son tratte, che anche nel tetraedro regolare è concepibilissima la emiedría e dissimmetría molecolare, o strutturale; essa è rappresentata da una superficie *paraboloide*, generata da uno dei lati, che avendo a linea direttrice uno dei lati contigui, si sposta parallelamente a sè stessa, fino a raggiungere il lato opposto e perpendicolare.

VII. — PARTICOLARITA' SUPERFICIALI DELLE FACCIE NEI CRISTALLI. ANOMALIE APPARENTI — DISTORSIONI.

75. Talune faccie, quelle segnatamente delle forme primitive, ci appariscono lucide, nitide e specchianti nei cristalli.

Assai più frequenti sono le faccie *striate;* ivi righe, solchi, incisioni rettilinee assumono determinate direzioni, parallele agli spigoli che le circoscrivono, o alle loro diagonali.

Le strie delle faccie hanno un importantissimo significato.

A parte quelle accidentali, come le rigature prodottesi per confricazione con corpi duri esteriori, le vere strie di cristallizzazione sono le manifestazioni del processo generativo dei cristalli; segnano i margini degli striati piani di particelle primordiali che si sovrapposero, parallelamente ai piani teorici delle future faccie del cristallo che sta costituendosi; ci fanno chiaro il meccanismo dei decrescimenti; aiutano la ricognizione delle singole faccie, e delle loro zone. Se le strie sempre derivassero dal decrescimento

di piani semplici di particelle, la cui tenuità nonchè all'occhio sfugge al pensiero, sarebbero affatto indiscernibili; ma dipendendo in generale dai multipli di detti piani, dei quali può essere grandissimo il coefficiente, e che decrescono secondo le stesse leggi dei piani semplici, presi uno ad uno, le strie divengono visibilissime, e per ciò che stiamo dicendo, sommamente istruttive.

Nulla di meglio che profittare dei preziosi esempi che la collezione stessa ce ne presenta. Ecco qui un bel dodecaedro di ferro magnetico, o magnetite (fig. 138). Le sue faccie sono striate nel senso delle loro diagonali lunghe. È facile accorgersi che esse in rispondenza agli angoli *triedri*, circoscrivono, tre a tre, come veri gradini marginali, le lamine triangolari equilatere *decrescenti*, proprie della forma primitiva ottaedrica regolare del minerale; e che in seguito al loro stesso *decrescimento* inducono dapprima un troncamento dei dodici spigoli, e producono poi definitivamente il solido dodecaedrico romboidale.

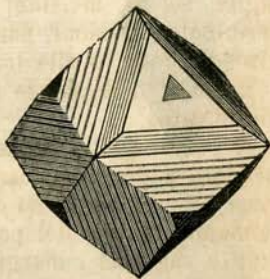



Fig. 138.

Ecco un grosso prisma di smeraldo, che può chiamarsi un fascio di prismi, (fig. 139) nel quale palesemente vedonsi le strie, tutte parallele all'asse principale e tutte dovute agl'interstizii fra i singoli rilievi prismatici, lunghi e sottili. Abi-

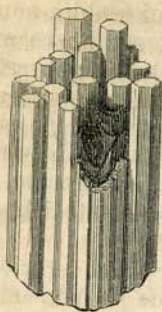



Fig. 139. Fig. 140. Fig. 141.

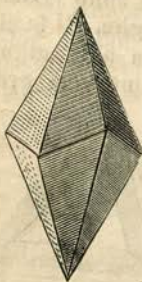
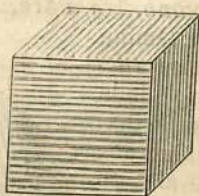
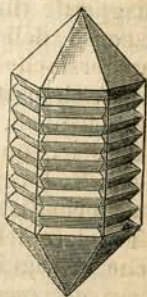



Fig. 142. Fig. 143. Fig. 144.

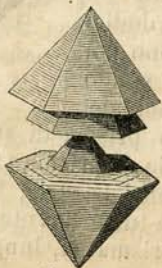



Fig. 145. Fig. 146. Fig. 147.

tualmente sui prismi di berillo le strie, così disposte, sono fini come tratti di bulino (fig. 141).

In questi colossali cristalli di Antimonite del Giappone le strie son pure caratteristiche; talvolta profondissime, talvolta inducenti l'apparenza di fasci; esse son parallele alle faccie della zona principale (fig. 140).

Negli scalenoedri di Calcite le strie son parallele agli spigoli laterali (fig. 142), e rappresentano l'adunamento dei romboedri costituenti (figura 90, pagina 86); nel quarzo, invece, le strie pur caratteristiche, son sempre perpendicolari agli spigoli laterali del prisma esagonale, dimostrando che il prisma stesso è dovuto alla sovrapposizione e compenetrazione, in un asse comune, di moltitudini di dodecaedri esagonali (figura 144).

Tutti i cubi della Pirite ci mostrano, sebbene in grado diverso, le strie delle faccie parallele ad una coppia di spigoli, e fra loro perpendicolari nelle faccie contigue (fig. 143).

Basta esaminare comparativamente questi altri cristalli pentagono-dodecaedrici modificati, con sei faccie in tre coppie parallele, come le sei faccie del cubo e striate profondamente, per essere convinti che le strie dei cubi della Pirite (var. detta *triglifa*), dipendono dal modo di sovrapposizione di sistemi piani, di particelle

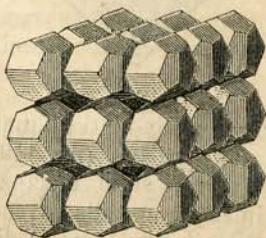



Fig. 148.

pentagonododecaedriche elementari (figura 145 a 148).

Nella massima parte dei cristalli prismatici che sono raccolti nella collezione, le faccie sono striate parallellamente all'asse principale; ecco una moltitudine di cristalli di Idocrasia, di Tormalina, di Topazio, di Epidoto, che confermano tale deduzione. In alcuni le strie sono così pronunziate, da farli sembrare scannellati; ed invero questi prismi, come qualsiasi cristallo discernibile, non sono che aggregati più o meno complessi di elementi poliedrici; ed a questi elementi soltanto può ragionevolmente riferirsi il concetto razionale del tipo cristallo, regolare e poliedrico.

76. A proposito; questi grossi cubi di salmarino, questi ottaedri di rame ossidulato, questi

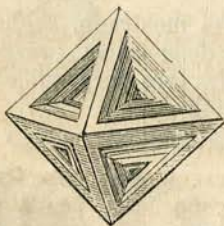



Fig. 149.

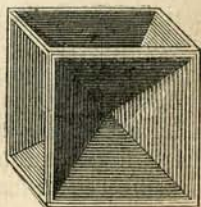



Fig. 150.

prismi piramidati di quarzo, questo rombottaedro di solfo nativo, (fig. 149, 150, 151 e 152), hanno essi pure sulle faccie strie e gradini di decrescimento; ma alla rovescia, in confronto dei cristalli già considerati; si direbbero affetti da *decrescimenti negativi*. Le faccie vi sono incavate come a tramoggia; vi sono vacui piramidati il

cui apice tende al centro dell'esaedro, mentre la base ha il suo perimetro parallelo ai lati della faccia rispettiva. Siffatte tremie sono veri e proprii decrescimenti. Il significato loro è identico a quello dei decrescimenti che fanno striate o piramidate le faccie piane di un dato tipo. Soltanto,

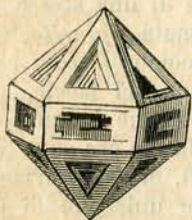



Fig. 151.

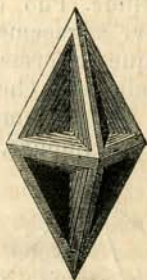



Fig. 152.

invece di derivare dal progressivo decrescere di piani molecolari *addossantisi centralmente sulle faccie*, derivano da piani molecolari che si *addossano lateralmente in rispondenza degli spigoli.* Le faccie restano prive al centro di un simultaneo ed adeguato incremento, ed a fenomeno compiuto ci appariscono come scavate, o tagliate a gradinate sempre più ristrette in profondità.

Le tremie dunque, al pari delle strie delle faccie, rientrano nei fatti normali della genesi dei cristalli e delle loro modificazioni. Non possono riguardarsi come anomalie; tanto varrebbe giudicare come anomalie, o come imperfezioni or-

ganiche le porosità dell'epidermide e le nervature delle foglie; eppure vi sono taluni che facendosi una singolare idea della perfezione e bellezza dei cristalli, le descrivono come tali.

77. Piuttosto è da prevenirsi una obbiezione circa un'altra particolarità morfologica delle forme cristalline. Può difatti venir dimandato da chi osservi sagacemente la detta collezione: Come mai queste forme così diverse di una stessa specie minerale, che vedo chiamata *spinello*, sono tutte indistintamente notate come *ottaedri regolari?* — Eppure, talune hanno sei faccie, altre sette, molte ne hanno otto, e queste faccie ora sono tutte triangolari, ora alle triangolari se ne uniscono di esagone, o di trapezoidi!

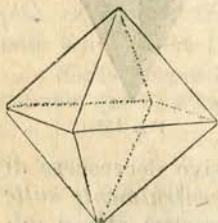



Fig. 153.

Come posson dirsi ottaedri, dei solidi con sei o sette faccie soltanto?

Come posson dirsi regolari, mentre le faccie vi assumono differenti figure?

Spieghiamo questo fatto frequentissimo nel regno dei cristalli.

Pigliamo tre cristalli (fig. 153, 154 e 155), dei quali uno solo (fig. 153) risponde bene all'indicazione ed al tipo astratto degli ottaedri regolari.

Misuriamone le incidenze omologhe; *sono identiche in tutti!*

Posiamoli sopra un piano con una qualunque delle loro faccie, e dirigiamo in tutti una seconda faccia in una comune direzione di paral-

lelismo. Vedremo che tutte le coppie di faccie risultano parallele fra loro nei cinque cristalli. Dunque, in realtà, tutti i cristalli che paragoniamo sono composti di piani *identicamente o-*

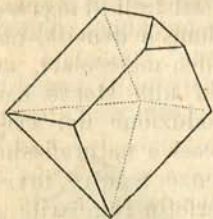
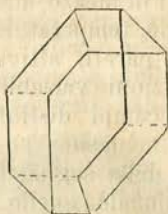



Fig. 154. Fig. 155.

rientati negli uni e negli altri; vale a dire sono costituiti dalla stessa specie di faccie; e non possiamo ora tardare a persuaderci che la sola differenza sta nell'estensione di essi piani, donde la diversa figura di superficie delle faccie e la apparente diversità di forma cristallina. Le due

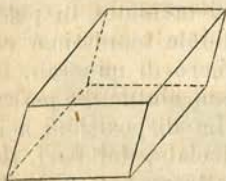
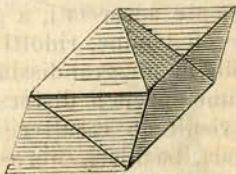



Fig. 156. Fig. 157.

figure 156 e 157 mettono in chiaro il modo di distorsione che può far parere di forma *romboedrica* un ottaedro regolare.

Ora, siccome ciò che caratterizza a rigore i cristalli, è la reciproca inclinazione delle faccie;

data dal loro angolo diedro; siccome l'estensione superficiale dei piani di esse faccie generalmente dipende, anzichè da intrinseca qualità cristallogenica, dall'influenza delle condizioni ambienti in mezzo alle quali i cristalli si accrescono (spazio, temperatura, pressione o densità, natura delle pareti, attività chimico-molecolari, ecc.); condizioni variabilissime in uno stesso campo, o in campi distinti di produzione dei cristalli della medesima sostanza, così è naturalissimo il fatto delle segnalate differenze, mentre, invece, è eccezionale quello della perfetta regolarità geometrica.

Questo fatto di così secondario interesse nella storia dei cristalli dicesi *distorsione*.

Effetti notevoli di siffatti sviluppi delle faccie, eccessivi in certe direzioni, e rudimentarii, quasi obliterati in altre, sono i prismi allungatissimi in forma di aghi, di verghette, di fibre, di fasci intrecciati o cilindrici, e del pari i prismi fortemente accorciati, a guisa di tavolette, di placche, di lamine, ridotti a pagliuole tenuissime visibili in un grandissimo numero di minerali. In talune specie le distorsioni sono abituali, e perciò vi risultano caratteristiche. Le disposizioni acicolari, bacillari, fibrose, reticolate, tabulari, fogliettate, laminose, ecc., che altrove osservammo, contribuiscono a far note le particolarità di genesi dei minerali che le posseggono, e talune condizioni dei loro giacimenti.

CURVATURA DELLE FACCIE CONTORSIONE DEI CRISTALLI E DEI LORO ADUNAMENTI.

78. I cristalli assai strani che vengono adesso in mostra sembrano fatti apposta per contraddire le definizioni consuete dei poliedri minerali. Tutti hanno le loro superfici convesse, ondulate, contorte, curvilinee! Taluni sembran pallottole

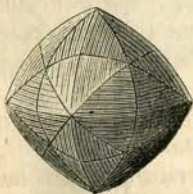
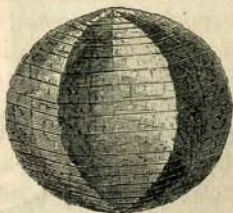



Fig. 158.

Fig. 159.

(fig. 158) o palloncini a spicchi (fig. 159); altri son fatti a sella (fig. 160) o a lingua di pappagallo; altri si direbbero prismi piegati malgrado

Fig. 160.

Fig. 161.

la naturale rigidità della loro natura (fig. 161), altri sono avvolti a spirali come viticci (fig. 162). Altri, infine, sono lenticolari (fig. 163), ovvero a

Fig. 162.

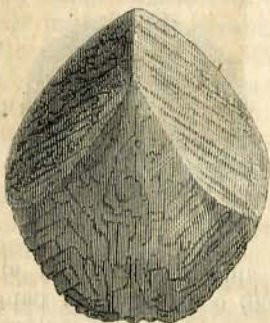



Fig. 163.

Fig. 164.

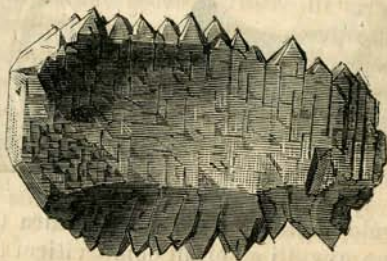



Fig. 165.

margini arcuati (fig. 164), ovvero a lastre contorte ad elica (fig. 165). Si possono pur riferire a queste particolarità delle forme cristalline i gruppi di lamelle riunite a guisa di corolla (figura 166), e i gruppi di file fatte di ottaedri e

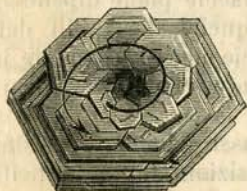



Fig. 166.

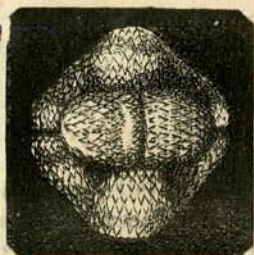



Fig. 167.

intrecciate fra loro in dòdici coppie, simulando un nodo gordiano (fig. 167); l'ultimo caso vedesi in un interessantissimo cristallo multiplo, della Pirite di Brosso, e fu recentemente scoperto.[1]

In qual modo si spiegano?

Primamente fa d'uopo distinguere alcuni casi speciali. Possono tali contorsioni e tali convessità di cristalli e di facciette derivare da perturbazione avvenuta nel processo cristallogenico per esteriori influenze. Se, per esempio, le condizioni favorevoli ad una data maniera di decrescimento vengono sostituite da altre propizie ad una maniera diversa, un cristallo nel quale si sieno già prodotte certe faccie, potrà acquistarne altre di altra specie. Diverrà più ricco di faccie

[1] Bombicci, *Nuovi studi sulla poligenesi dei minerali, ecc.* Bologna, 1880, pag. 29.

e nulla più; ma se il passaggio fra le due dette condizioni sarà lento, incerto, oscillante, graduato, la prima e la seconda maniera dei decrescimenti modificatori si alterneranno irregolarmente, si associeranno, quasi componendosi e mescolandosene gli effetti, conducendo ad una *risultante*. Non avremo le faccie piane dipendenti dalla prima maniera, nè quelle derivabili dalla seconda. Sarà una superficie necessariamente indeterminata e probabilmente curvilinea che piglierà sviluppo.

Azioni attrattive di masse vicine ai cristalli che si accrescono; interposizioni di eterogeneità; fenomeni molecolari di capillarità sulle superfici; spostamenti delle direzioni delle forze isoorientatrici delle molecole; ecc., possono darci ragioni di queste *reali imperfezioni* dei cristalli come le variabili influenze climatologiche fanno distorto, quasi capriccioso, il portamento degli alberi. Ma la curvilineità può dipendere da molteplicità di facciette; ciò che vedesi benissimo in questi assai voluminosi diamanti, che tondeggiano singolarmente, favorendovi le strie l'apparenza sferoidale. Può essere l'effetto di corrosioni, di logorìo posteriore alla formazione dei cristalli; i quali non son più tenuti a risponderne, comecchè si tratti di cosa accidentale, indipendente dalle loro proprietà. Può consistere la curvatura dei prismi nello spostamento graduato e di variabile intensità dei piani elementari. In ogni caso questi fatti avrebbero ben poco interesse per la scienza, se non vi si connettesse, per analogia, quel particolar modo di contorsione, di

curvatura, nei cristalli multipli di talune specie minerali, che presentandosi colle singolarissime modalità spirali e paraboloidi offre, come già notammo al § 74, un argomento di valore indiscutibile.

VIII. — IMPUREZZE, DIFFUSIONI, ECC. NEI CRISTALLI — LE ASSOCIAZIONI MOLECOLARI, POLIGENICHE — ISOMORFISMO — OMEOMORFISMO — PLESIOMORFISMO — ISO-ORIENTAZIONI DEI CRISTALLI PLESIOMORFI.

79. Concederemo un' occhiata alla sfuggita, nel passarvi davanti, ad una elegante collezione di cristalli specialmente di Quarzo, nei quali vedonsi, *per trasparenza*, come racchiusi eternamente, quasi direbbesi immersi in una diafana prigione a pareti insormontabili, intrecciamenti di aghi lucentissimi di Rutilo, (fig. 147 pag. 126) ciuffi setosi di Amianto (fig. 145 c. s.), fogliette di verde Clorite, che imitano vegetazioni di muschi e fronde di arboscelli; e così, prismi di Tormalina, polviscoli scintillanti di Mica o di Piriti, nebulosità di terre coloranti, vacui pieni di acqua dove oscillano bollicine gassose *(cristalli aeroidri)*, ed altri esempii di naturali e poco significanti impurità per inclusione o diffusione.

Il fenomeno degli splendori che paion di sole, quali si vedono nel feldispato Tvedestraud, nell'Avventurina di Murano, son prodotti da diffusioni copiosissime, quasi regolari, di lamelle d'Ematite, di tetraedini di rame metallico, etc. Vennero chiamati cristalli *in camicia*, quelli che son suscettibili di scindersi in involucri o in astucci concentrici, che ricordano gli assortimenti di

scatoline chiuse le une dentro le altre. Certi cristalli piramidati di quarzo ne dànno esempio (figura 146 pag. 126).

80. La gentil fantasia che popolò di silfi i campi dell'aria e di cento gaie e procaci immagini i recessi delle selve, delle valli, delle fonti e dei mari, diede pure alle latebre della terra i suoi genii, al mondo dei minerali i suoi gnomi.

Piccini, ma irresistibili per la loro energia; incessantemente concordi in un'attività ripartita negli atomi e coalizzata nelle catastrofi del mondo; schiavi della legge universale che a tutto impone ordine, numero, peso e misura: condannati a plasmare meravigliose regolarità e poliedriche limpidezze con informi ed opache miscele, nelle umide, calde e cupe profondità degli ipogei del pianeta, quegli esseri fittizii rappresentano le forze vive e attive sulla materia bruta, le potenti cause dei metamorfismi nelle pietre, degli assettamenti strutturali nelle masse cristalline, delle geometriche simmetrie nei veri cristalli.

Supponiamo di assistere all'opera di quelle fantastiche legioni. Devesi costruire un bel romboedro. — Ciascun gnomo deve recare al nucleo iniziale la sua pietra — vale a dire la sua romboedrica particella. Facile è il còmpito: basta addossare i piccoli e identici romboedri, sempre nello stesso modo, cioè colle stesse orientazioni del primo, ed equidistanti.

Di quale materia?

Si scelse un carbonato puro ed anidro. La coorte cui spetta il carbonato calcare, inaugura l'edificio. Ma pur vi concorrono le altre coorti

della stessa legione, cui spettavano i carbonati puri di magnesio, di manganese e di ferro. Le pietre che recano, hanno tutte la stessa identica forma di romboedro come quelle del calcare, ed anche se un poco diverse fra loro, nondimeno benissimo si adattano tutte insieme intorno al nucleo; e questo ingrandisce, precisamente come se tutte fossero della stessa identica sostanza. Viene perciò concessa a quelle coorti la collaborazione simultanea, mercè i loro materiali isomorfi od omeomorfi; l'edificio si sviluppa; il romboedro è bello e formato! Ma chi non conosca il poligenico modo di sua costruzione, non può a *priori*, nè scorgerlo, nè sospettarlo. Qual regola tennesi nell'accomodar gli uni presso gli altri quei diversi sebbene uniformi materiali?

Il genio che guidò l'opera cristallizzatrice, mirando alla FORMA, non già alla QUALITÀ SOSTANZIALE, lasciò arbitri gli operai, i quali poterono, a seconda delle qualità disponibili dei materiali rispettivi, sovrapporre in alternanti strati i carbonati diversi; ovvero metterli alternanti nelle file di ogni strato, ovvero localizzare gli uni nelle centrali regioni, e gli altri nelle periferiche, ovvero gli uni nelle direzioni degli assi, gli altri nelle regioni intermedie, e via dicendo.

Il limpido e nitido prodotto dell'operosità degli gnomi è ultimato; la cristallografia lo offre alla chimica; questa si fa un pregio di analizzarlo; e riman turbata, come per flagrante disobbedienza alla più semplice e sublime delle sue leggi — quella delle proporzioni definite e costanti nei composti di natura — quando la bilancia le ac-

cusa indeterminate, variabili, irrazionali, le proporzioni fra il calcio, il magnesio, il manganese, il ferro e l'anidride carbonica di quel minerale.

Presto, peraltro, si dileguano le incertezze. La infrazione alla legge è solo apparente, imperocchè quel romboedro non è un *composto unico;* è un *composto poligenico,* [1] risultante cioè da individualità specificamente definite, pure obbedienti alle leggi delle proporzioni definite, radunate e solidali in una costruzione poliedrica, *cui non occorreva identità di composizione molecolare;* sibbene *eguaglianza* (isomorfismo), o *somiglianza* (omeomorfismo), o *compatibilità geometrica* (plesiomorfismo), delle particelle concorrenti.

81. Questa fantastica finzione di gnomi e di edifizii cristallizzati vale a porgerci l'idea del come son costituiti moltissimi cristalli del regno minerale. Sembrano di una sola sostanza, e sono fatti di più e diverse sostanze. Se chi li analizza, sospetta la cosa quale è, facilmente li riconduce ai tipi chimici, molecolari, semplici e obbedienti alla legge di Dalton; se non ci pensa, se non sa, se non vuol crederci, può trovare in ogni minerale una eccezione, in ogni cristallo una varietà, in ogni specie una anomalia.

È nel suo diritto? A chi vede e capisce, la risposta!

---

[1] Per la dottrina della poligenesi, e per la illustrazione estesa dei relativi fenomeni posson vedersi le pubblicazioni speciali dell'A. Prof. Bombicci. (Mem. Accad. delle Sc. di Bologna.)

Gli scienziati concedono che l'acqua di cristallizzazione possa stare colle sue fisiche particelle, e in *forma solida*, associata con quelle dei composti che diconsi idratati, senza scindersi, senza mescolare in un sistema complesso, unitario, i suoi atomi con quelli dei composti suddetti; ossia, concedono che essa acqua entri a far parte dei cristalli; *mantenendo integre le sue individualità molecolari e le particelle fisiche che ne risultano.*

Basta che tale ufficio cristallogenico dell'acqua non si ritenga come un privilegio singolare, esclusivo, dell'acqua medesima; basta che non si assegni all'acqua, con arbitrio ingiustificabile, il monopolio di così rimarchevoli funzioni cristallochimiche, negando per preconcette idee che altre sostanze minerali possano pure prestarvisi; basta così poco, per entrare in un feracissimo campo di dati e di deduzioni, sulla vera natura chimica e strutturale dei minerali complessi, rasentato da quasi tutti i grandi campioni della scienza dei minerali, ma scansato da molti cui forse parvero, guardandole da lungi, dense od opache quelle plaghe di nebbia che ancor vi sovrastano, e che davvicino si riconoscono invece ormai rarefatte e trasparentissime.

82. Sappiamo oggidì che una differenza, anche estrema, di composizione chimica non impedisce la iso-orientazione di quelle particelle fisiche che, pur essendo di diverse sostanze, hanno forma eguale, e che perciò diconsi PLESIOMORFE; che, tanto in natura quanto nel laboratorio, possono prodursi, in conseguenza, aggregati mole-

colari, meccanicamente equilibrati, di composti chimici diversi. Le molecole che si aggregano non si scindono, nè perdono le loro individualità rispettive; diviene perciò inammissibile la loro interpretazione come composti *unici* nella loro indole chimica, nella loro intima costituzione atomica; quindi, la formola *unica* che loro si assegnasse, sarebbe un abuso di irragionevole empirismo, sarebbe una slealtà verso la filosofia naturale.

La polisimmetria, sapientemente dimostrata da un eminente mineralista italiano, ci dà le prove di fatto di quelle iso-orientazioni fra diversi silicati e fra diversi solfuri, o fra i prismi piramidati di Zircone e gli ottaedri di fosfato di Yttria (fig. 168), e altri composti minerali, affermate splendidamente nel laboratorio dalle esperienze del De Senarmont, riprese e completate, in questi ultimi tempi, dalle quali emerge, fra parecchi altri notevoli fatti, questo: che le particelle dell'azotato sodico, attive nel generare i romboedri proprii di tale composto, sono siffattamente influenzate da un cristallo di carbonato di calcio, avente struttura isomorficamente romboedrica, da disporsi rispetto a questo ancorchè verniciato, intonacato di collodio, o di balsamo del Canadà, ancorchè di forma scalenoedrica o prismatica esagonale,

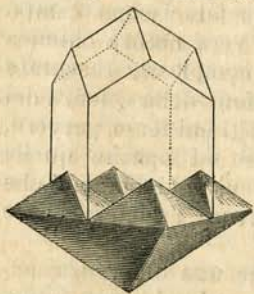



Fig. 168.

con rigorosissima identità di orientazione; con parallelismo completo degli elementi omologhi rispettivi (figure 169, 170).

Chiunque, del resto, ed anche il mio pazientissimo compagno di escursione, può fare una graziosa esperienza dimostrativa di un fatto di vera associazione molecolare, nel prodursi dei cristalli.

Chi desidera fare questa esperienza, sciolga nell'acqua quasi bollente dell'allume di rocca, puro e lavato. Tuffi nella soluzione calda un filo, teso da un piccolo peso, per es., da un frammento di vetro. Mentre il liquido si raffredda, sciolga in altra acqua, ma non più calda di 60°, dell'*allume di cromo*, quel bel sale cupamente violetto, che pur si trova facilmente in commercio. Sul filo della prima soluzione si saranno già formati, o poco tarderanno a formarsi, alcuni cristalli ottaedrici, piccoli, brillanti. Scelga quello che par più bello e solo; non aggruppato ad altri. Sgretoli gli altri per toglierli, e con un pennello lavi bene il filo dove erano aderenti; rituffi questo nella stessa soluzione; il piccolo ottaedro diventerà più grosso. Allora lo immerga nella soluzione violetta di allume di cromo; s'ingrosserà ulteriormente, ma non varierà di forma; lo levi da quella per immergerlo di nuovo nella prima; ancora continuerà nel suo accrescimento. Quando egli creda di cessare l'esperienza, si troverà dinanzi un ottaedro fatto a strati alternanti di allume potassico, e di allume di cromo; ossia di due composti differenti, ma fra loro isomorfi. In quali reciproche proporzioni? *Indeterminatissime;* poi-

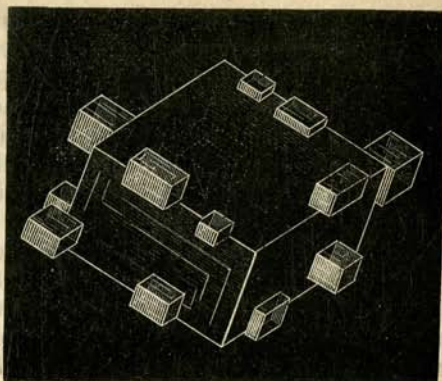



Fig. 169.

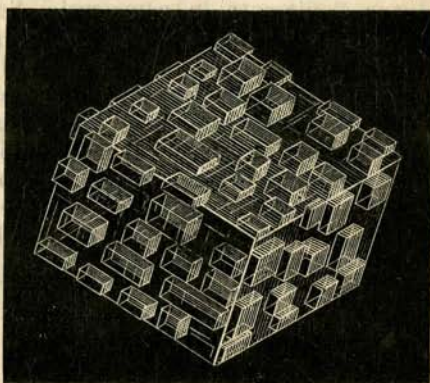



Fig. 170.

(In queste due figure l'azotato sodico è rappresentato dai romboedrini piccoli e più lumeggiati; la calcite da quello grosso, unico, che li sostiene. Ambedue le figure son copiate dal vero.)

chè era nell'arbitrio dello sperimentatore il tener tuffato il cristallo più o meno lungamente nelle diverse soluzioni, il far queste più o meno sature; si può mutilare il cristallo ottenuto, e metterlo a risarcirsi, a rifarsi completo, tanto nell'una quanto nell'altra delle soluzioni suddette.

Insomma per forza di evidenza e per quanto passivi esser si voglia ad un sistematico scetticismo, si giunge alla convinzione che se le particelle cristallogeniche di quei due allumi si sono così bene fatte solidali, in una comune costruzione di tipo ottaedrico, regolare, il fatto è dipeso non già perchè esse sono di allume, bensì perchè sono *isomorfe* nella loro struttura.

L'azotato sodico che si iso-orienta tanto esattamente, come vedemmo, sui cristalli *a struttura* romboedrica del carbonato di calce, non può affatto comportarsi egualmente con quelli di aragonite, minerale che è lo stesso puro carbonato calcare, ma avente struttura ortorombica per effetto di dimorfismo.

IX. — LE POLISIMMETRIE E LE POLIEDRIE NEI CRISTALLI.

83. Ai fenomeni interessantissimi delle iso-orientazioni, cui desideriamo ampio corredo di sperimenti e di studii, sembrano coordinarsi perfettamente quelli che il grande cristallografo e mineralista italiano, professore Scacchi, comprese nella parola *polisimmetria*. Crediamo che la polisimmetria mercè fatti naturali di spontaneo e regolare adunamento di cristalli di due sostanze,

più o meno diverse fra loro per composizione o struttura, completi il significato delle ora citate esperienze. Il prof. Scacchi chiama polisimmetria *la proprietà di talune sostanze di prendere la medesima forma cristallina, con varia legge di simmetria, modificata nelle faccie che sono della medesima specie nel tipo più semplice, e intimamente mutata in alcune sue qualità fisiche.*

La somiglianza, che così si afferma delle forme dei due diversi tipi che una medesima sostanza può mostrarci, se dotata di polimorfismo, implica la quasi identità della rispettiva situazione delle faccie omologhe; ne deriva, altresì, il fatto talvolta osservato del restare impiantati o adesi i cristalli di uno dei due tipi di una sostanza dimorfa, su certe faccie dei cristalli dell'altro tipo, *con eguali o somiglianti orientazioni.*

Il tratto caratteristico dell'idea fondamentale della polisimmetria consiste nel basarsi, come sopra un indispensabile dato, sul fatto della POLIEDRIA, dallo stesso eminente scienziato primamente descritto. La poliedria è la possibilità, nelle faccie dei cristalli, di mutare la loro posizione rispetto agli assi, entro limiti vicini sì, ma bastevoli perchè una data faccia, invece di vedersi piana e rigorosamente soggetta alla legge di razionalità, si ripeta più volte nell'area che occupa, apparendo come curva, o come moltitudine di facciette, o come coppia di faccie ad angolo ottusissimo fra loro. Questa mobilità dei piani de' poliedri cristallini, permetterebbe, secondo il prof. Scacchi, di considerare identici

di forme, sebbene di tipo geometrico diverso, i cristalli derivati da una data sostanza dimorfa, ancorchè essi, separatamente presi, e in vista sopratutto delle loro fisiche qualità, sieno talora da classificarsi in due diversi sistemi.

Qui non possiamo approfondire il difficile soggetto; ma possiamo vederne gli esempii offerti dai cristalli naturali. Ecco qui dei piccoli cristalli di pirosseno Augite; sulle loro faccie brune o nerastre appariscono minimi rilievi neri come prismetti; sono altri minimi cristallini di anfibolo Orneblenda, egualmente orientati fra loro, e con sensibile parallelismo delle loro faccie con altre dei cristalli su cui riposano, sebbene di tipo geometrico diverso. Ecco dei cristalli di Ortose dell'isola d'Elba, sulle cui faccie di aspetto smaltoide si vedono impiantati numerosi cristallini striati, translucidi, spesso multipli, di feldispato Albite similmente orientati, e situati specialmente sulle faccie prismatiche. L'Ortose è feldispato di allumina e di potassa ed è monoclino; l'Albite lo è di allumina e soda, ed è triclino; tuttavia il fenomeno della polisimmetria sussiste. Ecco, infine altri cristalli pure di Ortose, con Albite in piccoli elementi, adunati sopra talune faccie, mentre altre ne restano esenti; e questi saggi provengono dalle cave del granito di Baveno.

LA PROJEZIONE STEREOGRAFICA DEI POLIEDRI.

84. A chi visita le collezioni di questo museo e il corredo della cristallografia, non può a meno di cader sott'occhio una serie di disegni, che rap-

presentano circoli, sui quali s'intersecano diametri ed archi di circolo con speciali e variatissime simmetrie. Queste figure sono le già citate PROJEZIONI STEREOGRAFICHE delle forme cristalline. Ne rappresentano tutte le specie di faccie mercè le loro rispettive situazioni, e dànno idea del cristallo e del suo tipo; ma in modo sintetico, e senza che l'aspetto, l'*habitus*, dei suoi veri cristalli ne risulti manifesto.

Basta paragonare il disegno axonometrico di un poliedro e la sua projezione stereografica per apprezzare il modo con cui questo può sostituirsi a quello; qui ricorderemo soltanto:

1.° Che per avere la projezione stereografica di un cristallo bisogna concepirlo nel centro di una sfera, e intersecato da un piano di *simmetria diametrale;* l'occhio è situato sulla sfera istessa, nel punto dove cadrebbe il raggio perpendicolare al detto piano, e mercè tante visuali rettilinee, quante sono le faccie visibili nella metà del cristallo al di là del piano diametrale, guarda i punti, nei quali ogni faccia è incontrata da una perpendicolare condottavi dal centro. Le visuali intersecano necessariamente il piano; i punti d'intersezione sono le projezioni di quelli dove le perpendicolari sulle faccie incontrano la sfera circoscritta o di projezione (POLI delle faccie). Il piano diametrale conterrà dunque tutte le projezioni dei poli delle faccie visibili dall'occhio, situate nell'emisfero opposto a quello dove l'occhio stesso si trova; si dice perciò PIANO DI PROJEZIONE, ed è precisamente quello che è disegnato in ciascuno dei circoli che ci stanno dinanzi.

È chiaro che l'occhio si trova appunto sul polo di questo piano. Il circolo che lo limita si dice CIRCOLO DI BASE.

Nella projezione stereografica di un cristallo, considerata una data zona, i poli di tutte le faccie che vi si trovano *cadono sopra uno stesso circolo massimo;* questo è rappresentato da un arco di cerchio, che può descriversi col compasso, o da una retta diametrale sul circolo di projezione.

Siccome una data faccia può far parte di due o più zone, così il suo polo potrà vedersi situato sulla intersezione di due o più archi di circolo massimo, dai quali le stesse zone sieno rappresentate.

Le due fig. 171, 172, rappresentano una forma cristallina del sistema ortorombico e la sua pro-

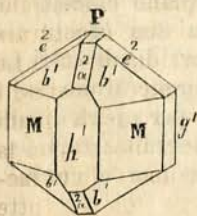
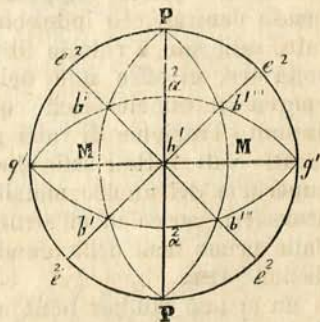



Fig. 171. Fig. 172.

jezione stereografica, nella quale il circolo di base è dato da un piano diametrale o di proje-

zione, che passa per l'asse principale e il secondo asse secondario, ossia per la zona P, e^2, g^1, le cui faccie restano notate alla circonferenza dove sono projettati i poli rispettivi.

X. — EPIGENESI E PSEUDOMORFOSI — DIMENSIONI NATURALI DEI CRISTALLI.

85. Si chiamò *epigenesi*, il generarsi, sulla superficie di una sostanza data, di una sostanza nuova, per opera di azioni che alterino e scompongano la costituzione chimica, di quella preesistente. Per es., la ruggine che si genera sulle parti esterne dei pezzi di ferro, esposti all'ossigeno ed all'umidità dell'aria, è la materia *epigenica* del ferro medesimo.

Il globo intiero, supposto metallico nella sua massa centrale, ed indubbiamente ossidato, idratato, salificato e ridotto litoide nella sua crosta esteriore, ci offre uno dei massimi esempii di epigenesi; conciossiachè quella sua crosta sia appunto l'assieme di tutti gli ossidi, di tutti gli idrati e di tutti i sali che si generarono sulla superficie del nucleo metallico, per opera di una atmosfera carica di elementi mineralizzatori, fino dalle prime fasi della condensazione e consolidazione sua.

Ma si può studiar bene e vedere nitidamente il fenomeno di cui è parola, sulla superficie dei cristalli di parecchie specie minerali. Per es., i cristalli ottaedrici dell'ossido di rame, invece di presentarsi sempre lucidi e col colore rosso-mat-

tone, che fece dare al minerale il nome di *ziguelina* (*ziguel*, mattone), qualche volta sono appannati e di color verde; se si rompono, possono vedersi rossi nel nucleo e verdi per un certo spessore verso la superficie. Il fatto è dovuto alla epigenesi, o genesi esteriore del carbonato idrato verde di rame, a scapito dell'ossido rosso dello stesso metallo. L'acido carbonico e il vapore acqueo dell'aria produssero il fatto; il carbonato verde suddetto (malachite dei mineralisti) è, in tal caso, una sostanza *epigenica*.

Abbiam veduti magnifici gruppi di cristalli risplendenti, di quel bisulforo di ferro che si chiama *pirite*. Paiono di bronzo lucidissimo, ma non sempre. Eccone altri, opachi, bruni, color di ruggine, ma pur caratterizzati dalle loro forme geometriche abituali di dodecaedri pentagonali, d'icosaedri, di cubi a faccie striate, di ottaedri. Perchè sono bruni ed opachi? Per epigenesi; il solfuro di ferro si ossidò, divenne solfato, sesquiossido idrato, e il cangiamento, avvenendo nelle singole molecole, senza che queste mutassero di rispettiva posizione, si variò la sostanza, rimase la forma, e si mantenne illeso tutto ciò che nel centro della massa fu difeso dalle influenze alteratrici.

Nelle collezioni di cristallografia generale, che ci sono accessibili qui nel museo, possiamo vedere ulteriori esempii di siffatte epigenie nei cristalli, di ossidi, di solfuri e di altri composti metalliferi. Anche artificialmente si può produrre il fenomeno, immergendo un cristallo in un mezzo gassoso o liquido, capace di modificarne la materia per doppia scomposizione, a partire dalla superficie verso l'interno della sua massa.

86. Le PSEUDOMORFOSI più notevoli nel regno minerale sono quelle che derivano da azioni naturali e frequenti nella crosta terrestre, ma delle quali il concorso necessario è fortuito e relativamente raro. Per es., lo scomporsi di una data sostanza, di un cristallo, di un fossile, ecc., in una formazione che serbi il vacuo già derivato da quella scomposizione; ovvero, il penetrare in quel vacuo, il modellarvisi, il consolidarvisi, di una sostanza diversa. — Questa riprodurrà naturalmente, se riesca allo scoperto, la forma esterna del cristallo o del fossile ivi preesistente; ma senza aver le qualità di questi, nè di composizione, nè di struttura.

La forma così mentita, *presa a prestito*, acquistata cioè per semplice modellamento, da una materia diversa da quella cui realmente apparteneva la forma in origine, è una *pseudomorfosi*.

È istruttivo assai, in proposito, il vedere, p. es., la selce, riprodurre le forme lenticolari del gesso, i gruppi dello spato fluore, i romboedri della calcite, senza che in essa selce siavi alcuna intrinseca tendenza a costituirsi in siffatte forme cristalline. Così può vedersi la materia delle steatite, o pietra dei sarti, modellarsi in prismi esagoni piramidati, penetrando, pastosa, nei vuoti lasciati nelle ganghe, come veri stampi, dai cristalli di quarzo; il serpentino si trova talvolta modellato colle forme del pirosseno; l'ematite con quelle del feldispato; la terra verde, detta baldogea, con quelle dell'augite, e via dicendo.

La maggior parte dei fossili, o petrefatti, quando le forme dei già vissuti organismi sono conser-

vate da materia minerale, dànno ottimi esempii di pseudomorfosi *per modellamento*, da distinguersi dalle vere PETRIFICAZIONI, propriamente dette, delle quali si è già tenuto precedentemente parola (§ 11).

87. Le dimensioni dei cristalli naturali variano, senza alcuna legge nota, dalle piccolezze microscopiche del pulviscolo di indiscernibili poliedrini, delle esili pagliuzze che un soffio può indisperdere, e dei filamenti che solo nei loro intrecciamenti appariscono all'occhio, fino alle maestose moli faccettate di quei poliedri minerali, che sogliono chiamarsi *cristalli colossali*.

Veramente, questi non sono colossali che in modo affatto relativo. Riferendoli alle misure delle nostre persone e delle nostre forze, e trovandoli grossi come il pugno o come il nostro capo, larghi come le nostre mani o lunghi come le dita, talvolta come il cubito, ed esigenti di uno sforzo faticoso per muoverli o sostenerli, non esitiamo a farli partecipi del sentimento innato della grandezza nostra, sentimento tenacemente ribelle contro le ammonizioni delle misure dell'ambiente infinito, e dei fenomeni incalcolabili che avvolgono le nostre personalità.

Ciascuna specie minerale può offrir cristalli di svariatissime grossezze. Senza dubbio il fatto è più evidente presso quelle che sono dotate di attitudini potenti a cristallizzare. Del quarzo, p. es., si conoscono immense disseminazioni di cristallini, che paiono sabbie scintillanti ed eziandio enormi prismi e piramidi, che si misurano a decimetri, si pesano a chilogrammi. Nel museo dove

siamo, possiamo vederne alcuni bruni o incolori, alti trenta o quaranta centimetri e di proporzionato volume; e così possiamo ammirarvi cristalli di selenite lunghi più di un metro; prismi di aragonite siciliana, larghi nelle basi da dieci a dodici centimetri; romboedri di calcite, di circa un decimetro di lato nelle faccie e aggruppati in blocchi, pesanti oltre un quintale; granati e analcimi in poliedri isolati, o quasi, del peso vicino ad un chilogrammo; e così grandiose cristallizzazioni di piriti, di oligisti, di spato fluore, di solfato di bario, di feldispato, ecc., imponenti e ornamentali, per la relativa grossezza dei poliedri che vi risaltano. Le geodine delle lave, delle roccie cellulari e invase da emanazioni e da reazioni di vapori e di gas; la stessa sostanza delle roccie metamorfizzate, che può parere amorfa, omogenea, mostrano talvolta all'occhio nudo, sempre al microscopio, i rivestimenti delicatissimi, o le intime confusioni di minimi cristallini, fra i quali è più facile che nei grandi di trovare manifesta la purezza della materia, la nitidezza e regolarità della forma.

Le roccie dette eruttive sono per la maggior parte cristalline; lo sono ancorchè possano apparire compatte; la ricognizione dei cristalli che le compongono equivale alla conoscenza della loro essenziale natura; da ciò il recente e fecondissimo indirizzo delle scienze di osservazione rivolto al mondo inorganico, vale a dire, lo studio col microscopio e col soccorso mirabile della luce polarizzata, delle roccie d'ogni fatta ridotte a lamine di estrema tenuità, e perciò trasparenti; da

ciò il rinnovarsi imminente, nella litologia generale, delle teorie sulla genesi e sulla struttura di molti tipi di roccie fra i più abbondanti e più spesso citati.

Le conclusioni generalmente accettate fino ad oggi sui rapporti fra le diverse categorie di roccie; la sintesi teorica dei dati, già ritenuti per fondamentali nella loro storia; e perciò tutto l'edificio mal connesso e mai coronato della classificazione litologica, stanno per subire le più intense, se non le più radicali e assolute trasformazioni.

UNA APPENDICE

LA COLLEZIONE DELLE CRISTALLIZZAZIONI ARTIFICIALMENTE PRODOTTE NEL LABORATORIO. I PROCESSI DI CRISTALLOGENESI.

88. Le pratiche di laboratorio per la preparazione dei sali puri e cristallizzati ci persuadono che basta concedere alle particelle dei corpi capaci di struttura regolare, la temporaria libertà di orientarsi, vibrando, le une presso le altre, in un complessivo parallelismo, con implicita equidistanza, perchè i cristalli si formino; e c'insegnano i processi per indurre nelle masse dei corpi medesimi tale libertà, e procacciare la imitazione delle specie minerali, quali natura ce le presenta.

I cristalli artificiali sono degnissimi di studio. Non solo essi fanno meno incompleta la morfologia geometrica naturale, e forniscono utilissimi dati di ottica e di altri rami di scienza; ma verosimilmente tengono in sè stessi, cioè nelle condizioni loro di forma, di struttura, di correlazioni, i criterii per semplicizzare e far meno arbitrarie e artificiali le interpretazioni delle formule dei composti cristallini nella chimica generale. Devesi perciò molto onore a quegli scienziati che,

moltiplicando e studiando i cristalli dei prodotti di laboratorio, seguono oggidì un nuovo e quant'altri mai fecondo indirizzo di scienza sperimentale.

89. Il nostro Museo possiede una collezione assai considerevole di cristalli artificialmente ottenuti, che fa seguito a quella ora percorsa, dei cristalli naturali.

Alcuni crogiuoli contengono vistose cristallizzazioni di bismuto o di zolfo, ottenute per via di fusione, e di raffreddamento successivo; grossi blocchi di vetro, staccati dai crogiuoli delle cristallerie, lasciano trasparire diffuse, e, come sospese, le sferule raggiate, le stellette di piccoli prismi, ivi costituitesi con i silicati di calce, e altri poco fusibili, mentre la pasta vetrosa, cessata la fusione, andava poco a poco indurandosi. Qui sono i pezzi largamente cristallizzati di ghisa e i dischi di antimonio, la cui superficie offre i mirabili rosoni a foglia di felce. Le lastre di ferro zincato e stagnato, sulle quali la fusione qua e là, prodotta a bella posta, il lento raffreddamento, e poi l'azione di un acido diluitissimo, fecero apparire quella maniera di vivi riflessi a faccette ed a rosoni che i Francesi dicono *moirage*, pure vi si accompagnano.

Seguono i vasi di vetro, internamente vestiti da strati di cristalli ivi deposti da soluzioni sature che andavano svaporandosi, o raffreddandosi lentamente; colossali ottaedri di allume, delle allumiere presso la Tolfa, e altri grandiosi gruppi di sali colorati, fanno appariscentissima questa sezione.

Astucci eleganti custodiscono le raccolte dei nitidissimi cristalli artificiali, isolati e completi, che rappresentano i sistemi cristallini e che per la loro fragilità e alterabilità sono attaccati a lastrine di vetro, chiuse ermeticamente in cilindri trasparentissimi, i quali portano cartellini descrittivi.

Disposte in guisa da potersi vedere per trasparenza, sono diverse lastre di vetro, sulle quali l'evaporarsi dei tenui veli di differenti soluzioni saline fece nascere le più graziose e variate foggie di dendriti, e sopra i ben noti cartoncini risplendono, come raso operato, le cristallizzazioni fibroso-raggiate dell'acetato di piombo e del solfato di magnesia; magnifici cristalli iridescenti di solfuro di piombo aderiscono alle incrostazioni dei camini di aspirazione dei forni di torrefazione delle galene, ivi formatisi per reazione di vapori che si andavano sublimando. Per ultimo, le scorie dei forni fusorii, delle officine metallurgiche, nelle cui vacuità si annidano cristalli di composti metallici e di silicati.

90. Possiamo tentare di acquistar l'idea dei varii processi, efficaci per generare i cristalli.

Partiamoci dal caso di una massa solida, suscettibile di cristallizzarsi, ma restata quasi compatta; per esempio una spranga d'acciaio finamente granellosa di sua struttura. Facciamo vibrar lungamente, per urti cadenzati o continui, o con altro modo, il come poco importa, le sue particelle. Queste, oscillando intorno ai loro punti d'equilibrio, potranno modificar poco a poco il modo col quale erano già reciprocamente disposte

e assettarsi fra loro con nuove simmetrie, con viecrescente regolarità complessiva. La massa amorfa diventerà cristallina, la struttura risulterà lamellare, e la spranga si dividerà poi facilmente, secondo faccie di sfaldatura estese e lucenti, che limiteranno la forma dei cristalli prodottisi.

In tale esempio, la causa determinante del fatto cristallogenico è il semplice meccanismo di una prolungatissima vibrazione. Supponiamo, invece di avere un pezzo informe, massiccio, di una sostanza cristallizzabile, di facile fusione; di bismuto, di zolfo, per citarne i soliti esempii classici.

Fondiamola. Le sue particelle, multiple per la fisica solidità che conseguirono, si faranno, *scindendosi*, mobili, scorrevoli, e capaci di assumere le une presso le altre un'infinità di posizioni diverse: quindi, implicitamente, quelle della simmetria cristallogenica. Talmente che, se raffreddando lentamente quella massa fusa e tranquilla, si determina con avvicinamento progressivo il definitivo equilibrio delle molecole, e la regolare orientazione delle particelle, si giunge alla effettiva formazione dei cristalli; e basterà romper la prima pellicola solida che si formerà alla superficie, e versar fuori la porzione ancor liquefatta, per ottenere, nel crogiuolo, una cavità rivestita di cristalli, talvolta di sorprendente bellezza.

Se, obbedendo allo stesso principio, dato un corpo cristallino volatilizzabile, ne manteniamo libere, mobili, le molecole, lor concedendo con

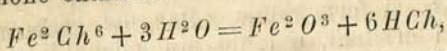
un'alta temperatura lo stato di vapore, e la facilità di adunarsi le une sulle altre regolarmente, basterà che una superficie fredda si trovi in presenza del vapore istesso, perchè abbia luogo il cambiamento di stato fisico, e si passi dalla rarefatta liquidità di quel vapore alla solidità reale; frattanto le molecole, restando chimicamente immutate, si avvicinano, si radunano, si aggruppano; le particelle si coordinano alla simmetria di struttura loro caratteristica, e i cristalli si producono egregiamente. Si può far l'esperienza col sale ammoniaco, coll'iodio, col solfuro di mercurio.

La neve che formasi pel congelamento e la cristallizzazione del vapore acqueo, negli strati dell'aria, sotto 0°, dà esempio di cristalli per sublimazione, o *per sospensione*. Cristalli *sospesi* si producono facilmente col sale ammoniaco e coll'acido arsenioso.

Avviene precisamente la stessa cosa se, invece di impiegare il vapore di una data sostanza volatile, si fanno reagire insieme due vapori o due gas, capaci di dare, colla combinazione loro, un composto cristallizzabile. Le molecole che di questo vanno formandosi, ed allo stato nascente, son libere di disporsi con regolare assettamento; i cristalli si generano dove le dette molecole possono condensarsi.

Un tubo di vetro, meglio di porcellana, attraversa un fornelletto che ne scalda la porzione di mezzo; vi penetrano e lo percorrono due vapori; quello di sesquicloruro di ferro, e il vapore acqueo. Ha luogo la reazione, quale rilevasi dalla

quazione chimica:

$$Fe^2 Ch^6 + 3H^2O = Fe^2O^3 + 6HCh,$$

le particelle di perossido-ferrico che s'incon-
rano allo stato nascente, libere, mobilissime,
perchè rarefatte dal calore, dove il tubo ha la
maggiore temperatura, si orientano e si aggre-
gano regolarmente appena sospinte nella regione
consecutiva e quasi fredda del tubo medesimo.
Quivi potremo raccogliere, a cosa finita, splendide
lamine di oligisto, eguali a quelle frequenti fra
le sublimazioni vesuviane.

Se avendo a disposizione una quantità di sale
solubile, ne satureremo un solvente liquido, con-
centrando la soluzione per raffreddamento o eva-
porazione, si formeranno i cristalli con grande
facilità. Si versi in una bacinella dell'acqua pura;
ed in questa dell'allume o del sal comune, o del
vetriolo di rame, o del solfato di magnesia (e
potrebbero citarsi centinaia di sali adatti alla
stessa esperienza), fintantochè il sale va discio-
gliendosi; si abbandoni la soluzione *satura*, così
ottenuta, ad una lenta evaporazione. Non tar-
deremo a trovare bellissimi cristalli in seno al
liquido residuo che ne è l'*acqua madre*, e che
può somministrarne ancora svaporandosi ulte-
riormente.

Ovvero, sapendosi che la capacità di satura-
zione di un solvente cresce, tranne poche ecce-
zioni, col crescere della temperatura, si faccia
bollire dell'acqua pura, e vi si disciolga tutto
quel sale (allume, per es., nitro, ecc.), di cui è
capace, ai 100° di temperatura.

Lasciando raffreddare lentamente la soluzione saturata, si formeranno, come nel caso precedente, i cristalli, e tanto più splendidi e belli, quanto più abilmente si fece l'esperienza.

È possibile di ridurre liquido, ad un'alta temperatura e in un crogiuolo, l'acido borico. Fuso che esso sia sembrerà un vetro viscoso e limpido. Facendo disciogliere in questo liquido dell'allumina, sostanza insolubile nell'acqua; poi mantenendo altissimo il calore, tanto da ottenere l'evaporazione di una gran parte dell'acido borico solvente, potremo isolare, lavando la massa residua, i nitidi e durissimi cristalli di allumina pura, dei quali la sostanza, la forma geometrica, la durezza, ecc., corrispondono alle omologhe proprietà del corindone, del rubino e dello zaffiro del regno minerale.

Se versiamo in un vaso poroso una soluzione di azotato d'argento, per immergerlo in altra soluzione diluita di un solfuro alcalino, la porosità del recipiente, che divide i due liquidi, permetterà che essi si trovino poco a poco a contatto; e se la doppia scomposizione che dovrà prodursi sarà lenta; se sarà favorita da deboli azioni elettro-dinamiche; ossia se le molecole di solfuro di argento e di azotato sodico si genereranno nelle condizioni favorevoli per le rispettive orientazioni, vedremo piccoli cristalli di quel solfuro insolubile deporsi sulle pareti del vaso poroso o sopra uno degli elettrodi che indussero una corrente in seno alle soluzioni suddette.

Per ultimo, se sottrarremo ad una soluzione acquosa, satura di un sale, parte dell'acqua, ver-

sandovi lentamente dell'alcool; se agevoleremo la temporaria saturità di un solvente, facendolo agire sotto l'influenza di alte pressioni con forte riscaldamento; se metteremo in presenza le molecole libere di una sostanza cristallina, scomponendo col calore un composto, nel quale esse molecole si trovino combinate ad altre; ovvero se tale composto si dissocii mercè l'azione chimica di altri agenti in istato liquido o gassoso, potremo assistere al formarsi dei cristalli, vale a dire al più stupendo e delicato lavoro che sia dato di ammirare nella natura inorganica.

91. Così operando, non solo si producono di continuo masse cristalline e cristalli isolati, nelle officine, nei laboratorii per le scienze, per le arti e per le industrie di ogni genere; ma si possono imitare fedelmente moltissime specie minerali, anche le più belle e più rare. Le interessantissime sperienze di sommi chimici e mineralisti, ingegnose ed eminentemente istruttive circa molti misteri della dinamica terrestre, offrono un bellissimo soggetto di studio, ed un'ottima iniziativa di lavoro.

92. È d'uopo pertanto confessare una circostanza, a prima giunta singolarissima. Nel regno minerale, quale fino ad oggi ci è noto, sonovi parecchie sostanze che paiono davvero privilegiate per le attitudini loro alla genesi di grandiosi e colossali cristalli. Tali, a modo di es., il quarzo (cristallo di monte), il gesso o selenite; la calcite, o spato calcare; i solfati di stronziana

e di barite; il fluoruro di calcio, o fluorina: l'allumina pura (corindone), la mica, il topazio, e molte altre specie mineralogiche. Lo stesso diamante trovasi sempre cristallizzato.

Ebbene, di queste specie appunto la riproduzione è difficilissima! Qualora si riesca ad aver cristallizzate, per opera nostra, le loro sostanze chimicamente pure, il prodotto riducesi a un piccolo numero di minimi cristallucci, talora microscopici; e intanto i processi e gli apparati, che siam costretti a pensare e disporre all'uopo, diversificano indubbiamente da quanto nelle formazioni della crosta terrestre valse a generare le specie istesse, con vera profusione e con singolare magnificenza.

PARTE SESTA.

LA FISICA DEI CRISTALLI.

93. Questo bel pezzo d'ambra, confricato con lana o seta, si elettrizza e attrae vivamente i corpuscoli leggieri; questa massa cristallina di zolfo si comporta analogamente. Messi in opportune condizioni di isolamento, tutti i minerali si elettrizzano; ma in diverso modo e grado. I cristalli di diamante, di zaffiro, di quarzo possono servire, isolati che siano, a svolgere elettricità positiva (vitrea), mentre quella svolta dal solfo e dall'ambra era negativa (resinosa). Questi romboedrini di spato d'Islanda, compressi che sieno, si elettrizzano negativamente e ritengono a lungo lo stato elettrico che acquistarono: Haüy utilizzò tale attitudine per costruire l'elettroscopio che porta il suo nome, e che vediamo colla sua verghetta equilibrata oscillante sopra un fulcro, la quale ad un'estremità sostiene appunto uno di quei romboedrini.

I cristalli di topazio, di prehnite, ecc., si elettrizzano riscaldandoli; ma la *termoelettricità* (stato elettrico sviluppato nei minerali strutturalmente disimmetrici mediante il riscaldamento)

si osserva assai meglio mercè questi lunghi e sottili prismetti di tormalina nera, molto rari a trovarsi isolati e che abbiano almeno 3 o 4 centimetri di lunghezza. I cristalli di tormalina sono emimorfi (fig. 173). Scaldati *uniformemente,* con adattato processo, il moto termico vi si trasforma in tensione elettrica, e si elettrizzano *polarizzandosi*, vale a dire si caricano di elettricità di segno contrario alle due estremità durante l'aumento di temperatura; ma nell'istante in cui essi cominciano a raffreddarsi l'estremità che era elettrizzata positivamente (analoga), diviene negativa; l'altra, già negativa (antiloga) diviene invece positiva.

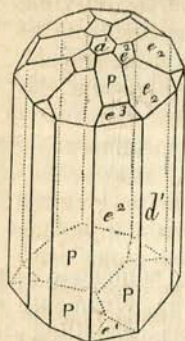



Fig. 173.

94. Questo pezzo informe, di aspetto ferreo, di color bruno cupo, di struttura massiccia, inegualmente granulare, e coperto, sopratutto in due opposte regioni, come da una irta capigliatura d'acciaio, è la classica pietra di calamita (magnetite, o ferro ossidolato). Proviene dall'isola d'Elba; ma se ne trova in parecchie altre località. Quella capigliatura è formata da minuzzoli di ferro, di limatura, per es., attratti dal potere magnetico del minerale, specialmente dove corrispondono i due poli più potenti. Questi, al pari di quelli inerenti alle due estremità dell'asse dell'ago calamitato, si dicono australe e boreale. — Le particelle di ferro, prime at-

tratto, si calamitano analogamente, attraendone altre ancora; e così di seguito; fintantochè, degradando la forza magnetica nelle particelle vieppiù lontane dal minerale, cessa la possibilità di ulteriori attrazioni e di progressivi allineamenti.

Accanto alla calamita vedete un minerale che pare bronzo in massa lamellare; è la pirite magnetica (pirrotina). Siccome tutti i minerali, i liquidi, i gas, possono classificarsi in due grandi categorie, magnetici gli uni, diamagnetici gli altri, secondo il modo con cui subiscono l'influenza attrattiva e orientatrice dei poli di nome contrario di una potente elettro-calamita, così si scelgono, per dare esempio del naturale magnetismo dei minerali, quelle sole sostanze che sono capaci di presentare direttamente, o per via di semplici disposizioni sperimentali, i fenomeni magnetici in un grado di sufficiente evidenza.

È noto del resto che tutto intiero il globo terrestre è un enorme calamita, i cui poli stanno a poca distanza dai poli dell'asse di rotazione, ed i cui meridiani presentano nella loro declinazione, rispetto ai terrestri, delle variazioni diurne, annuali e secolari.

95. I fenomeni del calore son di alto interesse nella fisica dei cristalli. Si connettono con evidenza a quelli della luce, rientrando nell'enunciato delle leggi fondamentali della propagazione luminosa attraverso le masse variabilmente rinfrangenti; e concorrono nel dare alla cristallografia fisica un posto di onore fra i sublimi argomenti della fisica generale.

Luce

Abbiamo notato già la trasformazione del ca-

lore in elettricità nei cristalli detti termo-elettrici; diversi minerali, scaldati, divengono fosforescenti; altri lo divengono se esposti al sole, o confricati anche lievemente, ed anche se stropicciati fra loro. Si chiama CLOROFANE una varietà verde e compatta di fluorina, nella quale osservasi benissimo la fosforescenza per via di riscaldamento.

Tutti i cristalli, non isometrici e isotropici, dilatandosi per aumento di temperatura, e con coefficienti di dilatazione diversi nelle loro diverse sostanze rispettive, subiscono delle variazioni nei valori angolari delle rispettive incidenze, ossia nelle loro costanti meglio caratteristiche, determinate che esse sieno ad una data temperatura.

96. La luce nei cristalli si riflette e si rifrange, rifrangendosi doppiamente si polarizza. Da essa dipendono molteplici fenomeni, per la maggior parte atti a manifestare la natura delle sostanze dove essi si generano; tutti inoltre interessantissimi per la fisica generale. Eccone un conciso prospetto:

FENOMENI DI RIFLESSIONE LUMINOSA. Lucentezza — Splendore.
» TRASMISSIONE (con o senza riflessione). Grado di trasparenza.
» RIFRAZIONE. Colori — Rifrazione semplice — Rifrazione doppia.
POLARIZZAZIONE ORDINARIA — POLARIZZAZIONE ROTATORIA.

I metalli nativi, molti ossidi, moltissimi solfuri minerali possiedono la lucentezza *metallica*. Il quarzo, il calcare, le gemme, la presentano *vitrea;* il solfo, l'ambra, le resine, la presentano *resinosa;* nelle cere fossili, nell'eleolite, è *grassa;* è *madreperlacea* nella dolomite selliforme, nella

nacrite, nella stilbite; è *sericea* nell'amianto, nel gesso fibroso, nella tremolite bianca raggiata; è *semi-metallica* nel diallagio, nella grafite; è *adamantina* nel carbonato di piombo, nello zircone, nel diamante.

A seconda della levigatezza e politura delle loro faccie, i cristalli e le loro sfaldature si presentano *splendenti, luccicanti, lucenti, specchianti, lucidi, appannati, opachi.* Ed a seconda del grado di trasparenza (omogeneità e continuità di struttura rispetto ai raggi luminosi), i minerali e i cristalli si distinguono in *diafani* (attraverso di essi si vedono perfettamente gli oggetti; es., questi pezzi di calcite, di selenite, di quarzo); in *semidiafani* (si vedono i soli contorni degli oggetti guardati; come attraverso queste lastrine di calcedonia); in *translucidi* (lascian passare una luce debole, diffusa, come fanno questi pezzi di alabastro gessoso), in *pellucidi* (trasparisce solo un po' di luce nelle parti più sottili (esempio, il marmo statuario); ed in *opachi.* In questi passa il minimo della luce; peraltro è noto che nessun corpo può dirsi completamente opaco.

97. Il colore nei minerali si determina polverizzandoli o raschiandoli, perchè il colore della polvere è fisso per ciascun composto; mentre quello della superficie può esser modificato, alterato, nascosto, o sostituito per via di azioni esterne, di rifrazioni superficiali, di iridescenze. Inoltre, i minerali possono essere colorati *accidentalmente;* quando lo sono, raramente la tinta che presentano, e che loro non appartiene, persiste dopo la fina polverizzazione; in tal caso la

polvere si riduce bianca; mentre nei corpi propriamente colorati, per la loro intrinseca qualità, essa conserva il suo colore non solo, ma questo diviene in generale più vivace e caratteristico. Se polverizzassimo tutti questi frammenti, o cristallini, di quarzo, di fluorina, di salmarino, di gesso, di berillo, di tormalina, promiscuamente rosei, violetti, gialli, azzurri, verdi, bruni, neri, mentre i rispettivi minerali *puri* sono tutti senza colori e salini, le polveri risulterebbero bianche, o con lievi traccie del colore preesistente.

Invece polverizziamo uno qualunque di quei cristalli di oligisto, che paiono di acciaio brunito. Sempre se ne consegue una polvere color rosso sanguigno. Ripetiamo la prova con quelli di pirite, che simulano l'oro; la polvere è sempre nera. Trituriamo il cinabro; quasi bruno epatico nella massa adoperata, divien rosso vermiglio nella sua polvere. Il colore rimane giallo canario nella polvere di zolfo; verde-chiaro nella malachite; oltremarino nell'azzurrite; aranciato nel cromato di piombo; giallo-ruggine nella göthite e nella limonite, e così di seguito.

98. Guardiamo ora questi piccoli cubettini trasparenti, montati sopra sottili sostegni. Vedremo un fatto singolare: benchè ne sia eguale lo spessore, da faccia a faccia, perchè sono appunto dei cubi, se si traguardano in una direzione si vede un colore; se in un'altra, si vede un colore diverso.

Questo fenomeno si dice DICROISMO, se le direzioni a diverso colore sono due; PLEOCROISMO, se sono di più. I cristalli del minerale, detto ap-

punto « Dicroite », forniscono prismi nei quali si tagliano cubettini che sono azzurri in una direzione, giallo-bruni in una direzione perpendicolare alla prima. Certi cristalli di topazio sono tricroici; quelli dell'Epidoto verde, della Axinite, godono notevole dicroismo.

Colla lente dicroscopica di Haidinger, osservando un cristallo dicroico, i due colori si distinguono ad un tempo, poichè si dividono nelle due immagini, che la lente fa apparire, di quel cristallo medesimo.

99. Ancor più cospicui e belli a vedersi sono i cristalli fluorescenti. Quanto sono ornamentali, nelle collezioni mineralogiche, le stupende cristallizzazioni dello spato fluore, (fluorina), quali provengono dai filoni metalliferi del Cumberland, del Derbyshire, del Devonshire, della Boemia, della Sassonia!

Gruppi grandiosi di cubi, semplici o modificati, o piramidati ottusamente; spesso geminati per penetrazione reciproca; diafani, e distesi quasi con calcolata leggiadria sulle loro ganghe metallifere, essi appariscono ad un tempo non si sa bene se violetti o di color verde mare; se gialli o aranciati; se bruni o celestognoli; perchè le tinte completamentarie l'una entro il cristallo, l'altra sulle faccie, si spostano al variare della posizione loro presso rispetto alla luce e rispetto all'occhio dell'osservatore.

Nella fluorina colorata in verde mare, in violetto, è classica la FLUORESCENZA. Ma son pur fluorescenti i crisoberilli, alcuni idrocarburi, i petroli, ecc., e sopratutto i preparati artificiali, dal

vetro d'Urano, alle aniline, al cianuro doppio di magnesio e di platino, alla stupenda soluzione alcalina di fluoresceina. Ne conosciamo già una collezione di esemplari, mercè gli astucci che dianzi ci vennero sott'occhio.

Non meno splendide a vedersi, per il loro fulgore e per la vivacità dei loro riflessi colorati, sono gli esemplari di minerali i r i d e s c e n t i, della vetrina consecutiva.

Indubbiamente ciò che veramente è bello in questi fenomeni sta nel magistero delle rifrazioni e delle polarizzazioni luminose da cui l'iridazione dei cristalli deriva; e nelle leggi che vi presiedono; ma se un argomento è in sè stesso bello e sublime, non havvi poi nessun male se ci fermiamo ad ammirarlo nelle sue brillanti, sebbene superficiali manifestazioni.

Possiam dunque senza scrupolo compiacerci davanti alle gaie vetrine delle raccolte minerali, che colle loro tinte, i loro splendori, le loro limpidità, le loro rifrazioni, rallegrano l'occhio e allietano lo spirito, pur fornendo severi e profondi insegnamenti all'intelletto.

Riflettono i più vivi colori dell'iride questi gruppi cristallizzati di oligisto elbano, di antimonite, di calcopirite chiliana, le cui superfici si copersero di una tenuissima e diafana velatura di alterazione incipiente; e traspariscono colorati fulgori da questi pezzi di quarzo jalino di selenite e di spato calcare, dove finissime fenditure indussero superfici riflettenti. I colori vi si spostano, vi si sostituiscono col variare delle incidenze di luce rispetto all'occhio di chi li osserva.

Ecco la labradorite, i cui pezzi lavorati e lisciati a polimento mandano in certe speciali direzioni lampi di luce verdastra, violetta, cremisina, o multicolore. Essa ricorda con tale **gatteggiamento** il bagliore che nell' oscurità risplende negli occhi dei gatti e delle fiere.

La magnifica pietra detta OPALE NOBILE fa pompa di tinte d' indescrivibile bellezza, di luci cangianti come se un conflitto di minimi spettri solari vi avesse sede; donde l' esempio classico della **opalescenza.**

Ecco alcuni scelti pezzi di quarzo e di feldispato **avventurinati,** nei quali, come nella pasta vetrosa artificiale, detta AVVENTURINA, scintillano miriadi di punti luminosi, che son pagliette di mica, o di rutilo, o di ematite; ovvero screpolature finissime, e faccettature di interni clivaggi. Ed ecco infine una lastra di mica flogopite. Accendiamo una candela, guardiamo a distanza la sua fiammella a traverso di essa lastra; vedremo sei raggi di luce dipartirsene, e girarvi intorno, se la lastra pure s' aggira sopra sè stessa; ed avremo così idea del fenomeno detto **asterismo.**

100. Che cosa sia un *minerale semplicemente rifrangente* ce lo fa capire questo grosso, incoloro e limpido cubo di salgemma; che cosa sia invece un *minerale birifrangente,* ce l' insegna questo grosso, incoloro e limpido romboedro di spato d'Islanda. Guardiamo attraverso del primo un segno, un punto, una linea. Altro non vedremo che una linea, un punto, un segno; se non che, tali immagini ci appariranno alquanto spostate: i raggi di luce che giungono al nostro

occhio, propagandosi attraverso il salgemma, *deviano* dalla loro direzione rettilinea nel punto in cui dalla sostanza densa del sale passano a quella rarefatta dell'aria (vedi fig. 173). Le due parti rettilinee del raggio *si mantengono in un medesimo piano,* dove pur trovasi la perpendicolare che si abbassasse sul piano di emergenza, e sul punto di rifrazione; ed è bene ricordarsi che i seni degli angoli che fanno i due raggi, incidente « I », rifratto « R », con questa perpendicolare, stanno fra loro in un rapporto costante $\frac{\text{sen. I}}{\text{sen. R}}$, rapporto che si chiama INDICE DI RIFRAZIONE, e che è una delle qualità caratteristiche e *costanti* nelle specie minerali cristallizzate e pure.

Guardiamo, invece, quei segni, attraverso dello spato d'Islanda. Si vedono raddoppiati. Si

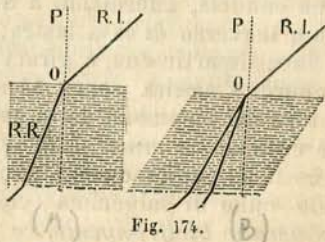



Fig. 174.

guarda un punto, e se ne vedono due (vedi figura 174); si osserva uno scritto, comparisce doppio (vedi fig. 175); ogni raggio di luce *si è diviso in due,* propagandosi nel romboedro di spato, ed all'emergenza da esso, son giunti all'occhio i due singoli raggi separati, recandovi

due immagini, colla illusione di due oggetti, malgrado la reale unità delle cose guardate. Ecco

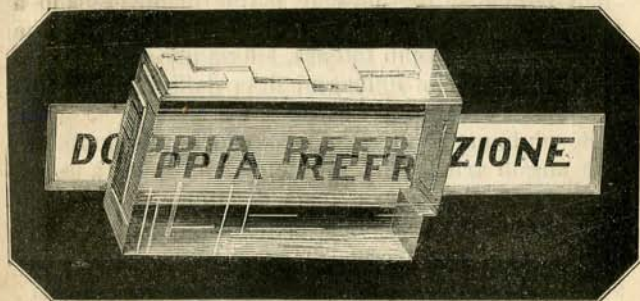



Fig. 175.

perchè dicesi birifrangente il romboedro che adoperiamo.

101. I soli cristalli del primo sistema isometrico, e che sono altresì *veramente isotropici* (costituiti identicamente e dotati di proprietà identiche in tutte le direzioni), sono monorifrangenti, come il salmarino, come i corpi non cristallizzati, omogenei, come i gas, i liquidi, i vetri, le gemme, sostanze colloidali, ecc.

Tutti i cristalli, non isometrici, del 2°, 3°, 4°, 5°, 6° sistema, sono birifrangenti. Lo sono in diverso grado e in diverso modo. Occupiamoci di questi. Collochiamo il romboedro sopra un segno o un rigo nero tracciato in un foglio. Vedremo due segni; uno ci parrà più vicino all'occhio, quasi sollevatosi dentro il pezzo, e più sbiadito, l'altro più intenso e non sollevato. Facciamo ruotare il romboedro intorno alla posizione che ha sul fo-

glio. Il segno che restò in posto è immobile; quello che pare elevato, le gira intorno in un col cristallo. Si distinguono perciò le due immagini date dalla doppia rifrazione dicendo «ordinaria» quella più intensa, e fissa che conserva la proprietà delle immagini date dalla rifrazione semplice; «straordinaria» l'altra.

Se pigliamo inoltre un romboedro, nel quale i due angoli triedri, fra loro eguali e opposti, pei quali passa l'asse principale di simmetria sieno stati tagliati perpendicolarmente a tale asse (vedi fig. 175 *bis*), e se traguardiamo il segno nero per le due faccia a^1, così prodotte, vediamo un segno

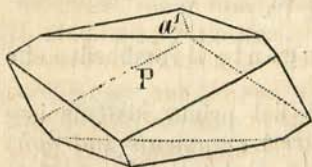



Fig. 175 *bis*.

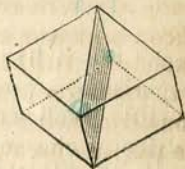



Fig. 176.

solo, purchè l'occhio sia nella direzione della perpendicolare, ossia del prolungamento dell'asse ora citato. Facciamo pure girare il romboedro, intorno al segno; la doppia immagine non si vede. Basta guardare obliquamente per veder le due immagini, una sul foglio, l'altra elevata, e nel medesimo piano.

Anche col romboedro normale poteva avere luogo qualcosa di simile. Ma occorreva che il nostro occhio si situasse precisamente in un piano teorico condotto per i due spigoli ottusi e paralleli fra loro del romboedro stesso. Questo piano

passa per l'asse di simmetria e per le diagonali oblique di due faccie pur parallele, sulle quali è perpendicolare; dicesi sezione principale (vedi fig. 176).

102. Asse ottico è uno dei nomi che si danno alle direzioni del genere di quella parallela all'asse del romboedro; e guardando nel cui senso *non apparisce* la doppia rifrazione.

Gli assi ottici forniscono distinzioni cristallografiche della maggiore importanza, in teoria e in pratica.

Per esempio: Tutti i cristalli del gruppo dimetrico (tetragonali e esagonali), fra i quali appunto il nostro romboedro, *hanno un solo asse ottico;* e questo coincide coll'asse principale di simmetria. Tutti i cristalli trimetrici (ortorombici, monoclini, triclini) *hanno due assi ottici*, simmetricamente disposti in uno dei due piani, che passano per due assi cristallografici, dei quali uno è la principale linea di simmetria.

Dunque tutti i cristalli possibili si dividono, intanto, otticamente così:

Monorifrangenti — Isometrici . . . . . (Isotropi)
Birifrangenti . — a un solo asse ottico, uniassi — Tetragonali, Esagonali
Birifrangenti . — a due assi ottici, biassi — Ortorombici, Monoclini, Triclini

103. In pratica, la ricognizione del carattere ottico dei cristalli, se uniassi o biassi, si fa egregiamente nel maggior numero dei casi, tenuto conto di alquanti bellissimi fenomeni di colora-

zioni che appariscono vivaci e caratteristici, im-
piegando in luogo dei cristalli intieri, insufficienti
per tali ricerche, le laminette tagliate in essi se-
condo le direzioni opportune.

Giova di saper come si fanno le osservazioni.

104. Appendice preziosa alla collezione dei cristalli naturali del nostro Museo è una serie di SEZIONI DI CRISTALLI.

La cristallotomia è una pratica ormai vecchia nelle ricerche di fisica mineralogica; ma oggigiorno è salita in altissimo e meritato pregio, e, in ragione delle osservazioni cui è destinata, costituisce uno speciale indirizzo di scienza.

Fig. 177.

Le sezioni cristallotomiche sono lamine a faccie parallelle, generalmente piccole, di pochi millimetri d'estensione, e per lo più inferiori al millimetro nel loro spessore. A parte talune eccezioni, esse sono tagliate perpendicolarmente all'asse di prevalente simmetria dei cristalli prismatici.

Per descrivere le particolarità dei fenomeni ottici che si vedono esaminando le dette sezioni, col mezzo degli appositi apparati occorrerebbero dei volumi. Contentiamoci di acquistarne un'idea superficiale, bastante appena ad invogliare la gente studiosa di saperne qualcosa di più.

Pigliamo dall'armadio degli apparati di fisica, la pinzetta a tormaline (vedi fig. 177), la quale permette di situare una davanti all'altra due la-

strine di tormalina verde e limpida del Brasile, tagliate parallellamente all'asse ottico (e cristallografico) dei suoi prismi; e di far girare quella che l'osservatore si avvicina all'occhio (detta *analizzatrice*), mentre sta immobile l'altra, che è primamente attraversata dalla luce che si polarizza (detta perciò *polarizzatrice*).

Con questa semplice disposizione possiamo produrre e studiare alcuni fenomeni notevolissimi:

1.° fenomeno. — Disponiamo *parallele* fra loro le due lamine (vedi fig. sinistra, in alto, Tav. II). Sono trasparenti e la loro coppia rimane tale. Giriamo quella più vicina al nostro occhio finchè sia a 90° dell'altra; ciascuna resta trasparente; ma per questa semplice operazione la loro coppia, ossia l'area di loro sovrapposizione, *è divenuta opaca!* (Vedi fig. sottostante a quella sopracitata.) Quest'area par nera; e se le tormaline furono bene tagliate e ben scelte, una di color verde, l'altra piuttosto bruna, intercettano perfino la luce del sole.

Giova di notare che nelle tavole 2ª, 3ª e 4ª, i segni = indicano la posizione di parallelismo, o di perpendicolarità, degli assi delle due tormaline.

2.° fenomeno. — Fra le due tormaline così incrociate, nell'area buia, si interpone una lamina tagliata da un cristallo; e se quel cristallo è isometrico, e strutturalmente isotropo, tanto varrebbe interporre una lama di vetro o di metallo, un velo di acqua o di aria. L'area resta opaca. Ma se fu scelto dimetrico, dunque birifrangente, l'area torna trasparente, anche più di quando le due tormaline erano fra loro parallele.

3.° fenomeno. — La lamina interposta ci fa vedere altresì un bellissimo fatto di colorazioni iridescenti. Parecchi anelli circolari concentrici, più nitidi al centro, sfumati alla periferia, ciascuno colle sette tinte dell'arcobaleno, campeggiano nell'aria ridivenuta diafana. Una croce a nappe periferiche vi segna le direzioni di due diametri fra loro a 90°. (Fig. sinistra della coppia dello spato d'Islanda. Tav. II.) Se si ritornassero parallele le tormaline, i colori degli anelli diverrebbero complementari e la croce nera sparirebbe, restando peraltro interrotti gli anelli dove essa era, (figura della coppia suddetta, a destra).

Ciò significa che quella lamina birifrangente era di un cristallo uniasse. Il centro sensibile degli anelli è uno dei punti dell'asse di simmetria; quindi del solo asse ottico del cristallo.

4.° fenomeno. — Ripetendo l'esperienza con altre lamine, facilmente ne capiteranno di quelle che messe fra le tormaline incrociate, nelle stesse condizioni della precedente, invece di far apparire un solo sistema circolare di anelli, con croce a 90°, fanno comparire *due sistemi ellittici di anelli iridescenti.* I loro centri e i loro fuochi si trovano tutti sulla stessa direzione. Linee e nappe sfumate di ombra vi si disegnano, con simmetrica disposizione (vedi le figure 178, 179, 180, e quelle delle Tav. 3ª, e 4ª). Ma questa disposizione varia se facciam girare la tormalina che sta accanto all'occhio; quella, che permettendo di analizzare questi fenomeni si chiamò « analizzatrice ».

Girando la detta tormalina si spostano le ombre, divengono generalmente curve, iperboliche.

Divengono complementari i colori, gli anelli si dilatano, le tinte variano di vivacità (vedi figure suddette).

Tutto questo distingue bene il caso dei cri-

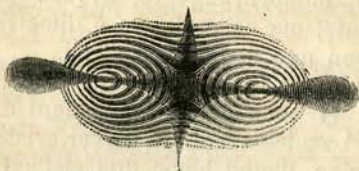



Fig. 178.

stalli biassi da quello degli uniassi. — Ma vi ha di più! Quando colle sezioni degli uniassi si gira la lamina fra le due tormaline, la modalità del

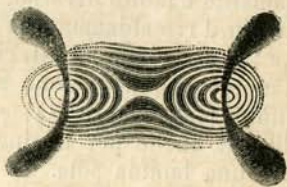



Fig. 179. Fig. 180.

fenomeno *resta immutata*. Invece, se si gira la lamina di un cristallo biasse, *vedesi girare insieme con essa il doppio sistema di anelli*, e le apparenze si vedono come nelle quattro, a destra, figure delle coppie, nelle tav. 3ª e 4ª. Ciascuna lamina si suppone osservata in due posizioni fra le tormaline incrociate; col suo piano di assi ottici orizzontali (serie sinistra), e a 45° (serie destra).

Se le cose procedessero sempre in tali termini, non sarebbe possibile la confusione fra i cristalli uniassi ed i biassi; quindi la pinzetta a tormaline farebbe rilevare, non solo se un cristallo è isometrico, monorifrangente, ovvero prismatico birifrangente; ma eziandio, se è dimetrico o trimetrico, con uno o due assi ottici.

Peraltro, come in tutti i fatti di natura, anche in questo vi sono lente transizioni e graduati passaggi. Accade sovente di trovar cristalli biassi, le cui lamine danno bensì due sistemi di anelli ellittici; ma tanto avvicinati con i loro centri che paiono confondersi in un solo sistema circolare, come negli uniassi; talune sostanze minerali danno delle serie di lamine, nelle quali l'avvicinamento è molto diverso, fino a divenir massimo; di più il riscaldamento fa pur variare la distanza fra i centri delle ellissi, risultandone un elemento d'incertezza in qualche osservazione, e la necessità di moltiplicare le ricerche, variandone le condizioni, anche per lamine dello stesso minerale e per una lamina sola.

5.° fenomeno. — Interponiamo adesso, ai dischi della solita pinzetta, una delle sette lamine di quarzo che qui troviamo preparate e che hanno spessore diverso.

Il quarzo è esagonale, uniasse.

1.ª Fase. — Le tormaline sono incrociate; ritorna la luce; appariscono gli anelli circolari; ma con un'area centrale, *di colore uniforme*, sfumato alla periferia con colori consecutivi; della croce di ombra nera, non si vedono che quattro nappe limitate dagli anelli periferici (vedi figura

destra, in alto, e le sette figure in basso, della tav. 2ª colla indicazione: Quarzo).

2.ª *Fase.* — Girisi la tormalina analizzatrice; l'area centrale cambia di colore... ma qui sta un punto veramente notevole!

È chiaro che si può, a piacere, girare la tormalina da destra a sinistra, o viceversa. Or bene; le lamine di alcuni cristalli di quarzo fanno veder succedersi nell'area centrale al rosso il giallo, poi l'arancio, il turchino, l'azzurro, il violetto; ossia danno la serie *diretta* dello spettro, quando si sposta la tormalina *da sinistra a destra* vedi (le sette figure ora citate); altri, dànno siffatta serie quando invece essa si sposti *da destra verso sinistra.*

Da ciò la distinzione pei cristalli di quarzo, in *levogiri* e *destrogiri* (destrorsi o sinistrorsi), come per le soluzioni dei tartrati, dell'acido tartrico, degli zuccheri, delle essenze, di taluni alcaloidi, ossia delle sostanze *otticamente attive.*

Il fenomeno dicesi di POLARIZZAZIONE ROTATO-

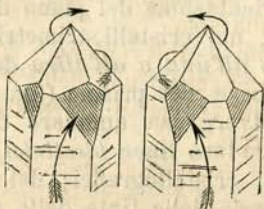



Fig. 181.

RIA. — Ma l'importanza sta in ciò: che esso è strettamente connesso, tanto colla struttura intimamente dissimmetrica dei cristalli di

quarzo e delle sostanze attive, quanto colle esterne manifestazioni di emiedria geometrica della struttura medesima.

Le forme geometriche del quarzo, i suoi prismi bipiramidati soglion portare delle facciette disimmetriche oblique verso destra, o verso sinistra (vedi fig. 181); le lamine dei cristalli con facciette oblique (plagiedre) a destra *sono strutturalmente e otticamente destrogire;* le lamine di quelli con plagedria a sinistra sono invece *levogire* sia nella struttura, sia nelle ottiche loro proprietà.

105. Finisco questo argomento notando che in tutti questi fenomeni di polarizzazione si tien

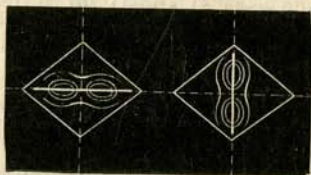



Fig. 182.

conto della orientazione del piano degli assi ottici; il quale, nei cristalli trimetrici può trovarsi parallelo *all'una* o *all'altra* delle due diagonali della base del prisma (fig. 182). Si tien conto della divergenza angolare dei medesimi assi, riferita alle loro linee *bisettrici,* che possono essere gli assi cristallografici; del modo di dispersione, ossia delle tinte dello spettro, negli anelli, e rispetto alle zone o nappe di ombra. Nelle lamine per es., del carbonato piombico (Cerussite, tav. 3ª, in alto), e nella posizione di 45°, prevale il rosso all'interno delle due iperboli

di ombra, ossia sulla loro opposta convessità; invece prevalgono le tinte violetta e azzurra all'esterno, dalla parte delle concavità opposte; dunque i raggi rossi sono più dispersi dei violetti, e il fatto si rappresenta così: $r > v$; ovvero: $p > v$. Quando, come nel gesso o selenite (coppia in basso, tavola suddetta), le due iperboli o i due sistemi di anelli ellittici son diversamente sviluppati e colorati, ciò sopratutto apparendo nelle posizioni di 45°, e 90°, la dispersione si dice: *inclinata*. Quando, come nel feldispato Adularia, ortoclasio (in alto, tav. 4ª), gli anelli sono colorati diversamente ma simmetricamente, sotto e sopra della linea orizzontale di ombra che li taglia, o rispetto alle due iperbole di ombra, si ha la dispersione *orizzontale;* quando, come nel feldispato oligoclasio (figure in mezzo, tav. 4ª), gli anelli non offrono simmetrie di colori, e vario grado di sostituzioni se la lamina si gira lentamente, la dispersione è *asimmetrica;* infine, quando vi è diversità e disimmetria assoluta destrorsa o sinistrorsa di dette colorazioni, come nelle lamine di sal borace (coppia in basso, Tavola 4ª), la dispersione vien detta: *girante*.

Tutte queste particolarità si apprezzano e si misurano con scrupolosa precisione. Ma, sol raramente potendo segare grossi cristalli omogenei per aver lamine da potersi osservare macroscopicamente, cioè colla pinzetta a tormalina, si profitta in generale di piccoli e più puri cristalli, per ricavarne lamine sottili e talvolta così esili che a mala pena si vedono, e convien montarle sopra adatti sostegni. Ma in tali casi alla pinzetta

si sostituisce il microscopio di polarizzazione (vedi fig. 183). Eccellente istrumento, nel quale le osservazioni più delicate speditamente si con-

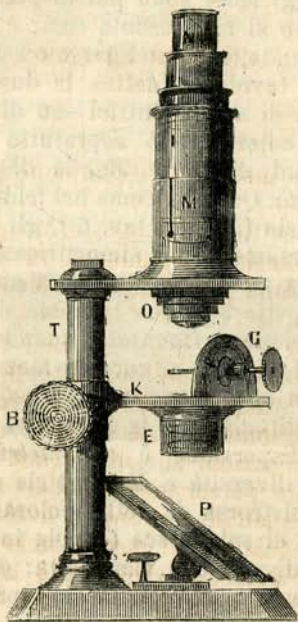



Fig. 183.

ducono; si eseguiscono le misure or ora notate, e si risolvono i problemi fondamentali dell'ottica dei cristalli.

CONCLUSIONE

Siamo alla metà della escursione prefissaci!

106. Penetrando in questo Museo, osservandone le collezioni, i gabinetti, fu nostro scopo l'acquistare una giusta idea del Minerale, e della Mineralogia.

Restaci a percorrere, con attenta indagine, le serie degli esemplari destinati a rappresentarvi la parte tassonomica, descrittiva, colle sue numerose applicazioni alle utilità dell'uomo.

Ma quanto potemmo già conoscere basta per consentire quell'idea al nostro intelletto, per fornirne la definizione al nostro labbro.

Attraversammo, oltrepassando in certa guisa la mineralizzazione di esseri già organizzati e vivi, che dal regno minerale dovettero pur trarre la loro sostanza, una collezione di macroscopiche morfologie; un laboratorio di chimiche investigazioni, un gabinetto di fisica mineralogica, una aula di cristallografia geometrica e sperimentale.

Siamo dunque in grado di asserire, con cognizione di causa, che la mineralogia, *tutte investigando le proprietà intrinseche e relative*

delle specie inorganiche, è la storia naturale dei componenti i materiali del mondo fisico, che per intrinseca attitudine si costituirono con qualità chimiche e strutturali, definite e caratteristiche.

107. La mineralogia considera e registra ogni fatto, ogni fenomeno che la materia inorganica, nelle sue naturali e normali condizioni, ci presenta; tanto nello sferoide che abitiamo, quanto nelle masse che, in forma di aeroliti, l'attrazione terrestre chiama dalle sconfinate profondità dello spazio.

Ma essa è tutt'altro che una scienza completa e indipendente.

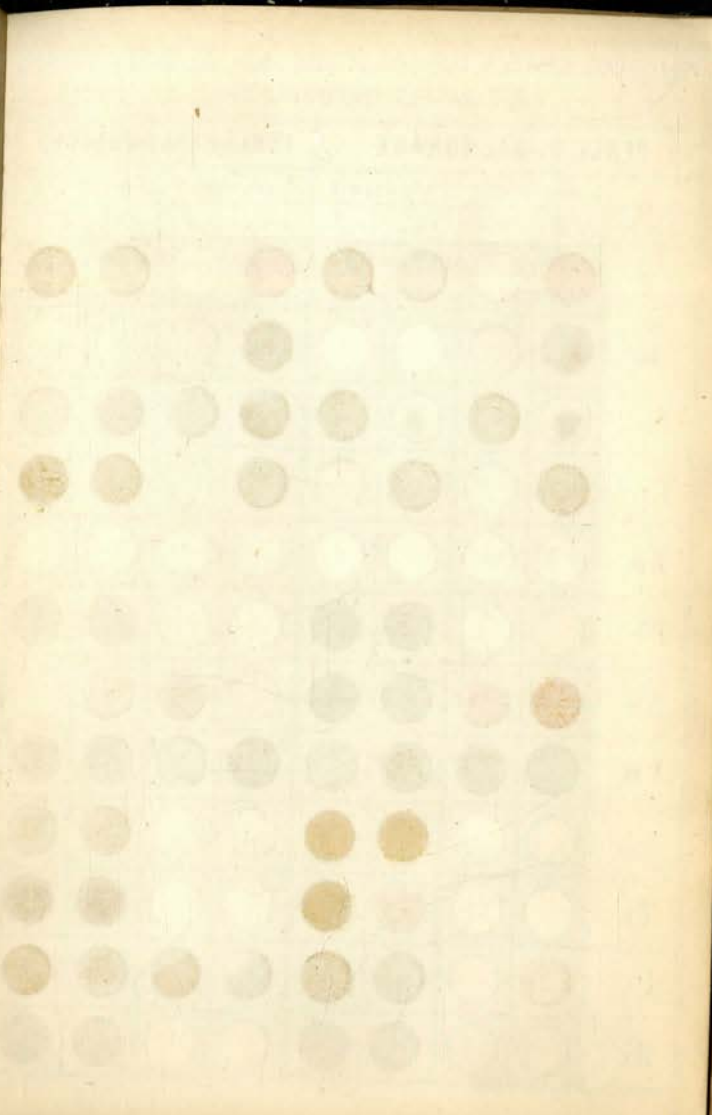
D'altronde non havvi ramo dello scibile che veramente sia tale.

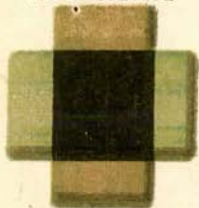
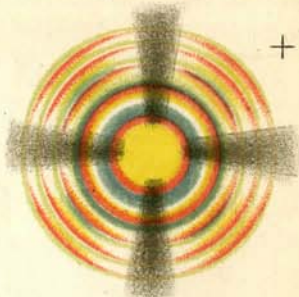
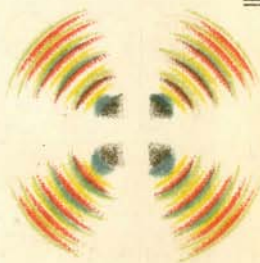
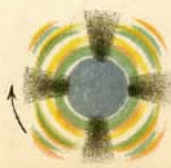
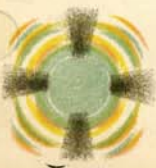
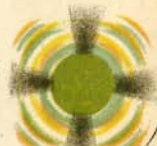
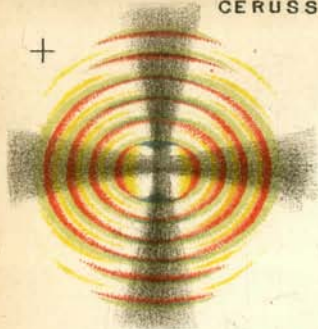
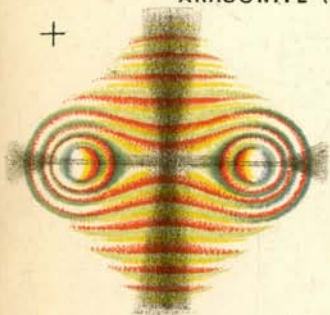
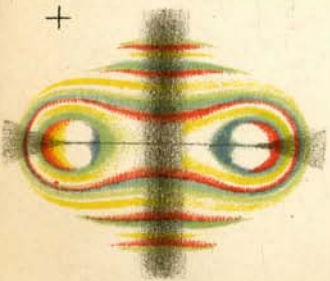
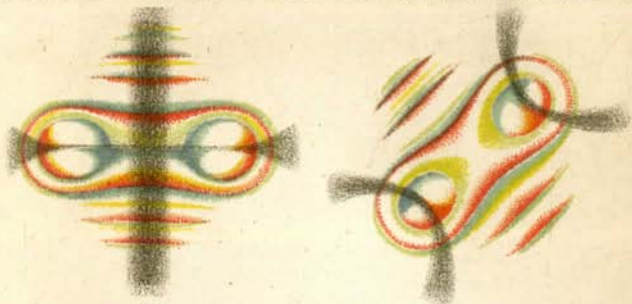
Nessuno sa che cosa sia la MATERIA degli atomi; soltanto un'idea ci invita a ritenerla «unica», mentre poi siam costretti a classificarla in una moltitudine di variate manifestazioni. Nessuno sa quanto grandi sieno quegli ATOMI, che cosa sia la FORZA dei loro movimenti; che cosa sia lo SPAZIO, dove questi movimenti perdurano, che cosa l'ETERNITÀ dei tempi, durante i quali essi movimenti, senza mai distruggersi, si trasformano.

108. In conseguenza la Mineralogia, — nè più nè meno di qualunque altra scienza osservatrice, e d'ogni altro indirizzo di filosofia positiva, che dalla previa analisi dei fatti e de' fenomeni si elevi alla sintesi consecutiva delle leggi corrispettive, — limitasi ad *osservare, misurare, pa-*

ragonare, individuare e contrassegnare nello spazio e nel tempo. Essa osserva, misura, confronta, precisa e classifica le impressioni prodotte sui nostri sensi e sullo spirito nostro da quelle diversissime materialità che, obbedienti a leggi, in parte note, in parte travedute soltanto, composero l'Universo.

Lo studio delle proprietà generali delle specie mineralogiche è fondamentale, non solo pel naturalista, ma per chiunque aspiri ad inoltrarsi nel campo delle scienze fisiche, sul quale serenamente sovrastano le somme verità e le positive qualità delle cose, compensatrici di quegli elementi fittizii, arbitrarii, sistematici e convenzionali che nelle scienze umanamente costituite pur troppo sussistono.

Quando avremo osservato, in una successiva escursione, le raccolte della Mineralogia descrittiva, sapremo altresì, in quali, quante e grandi maniere la nostra Scienza, delle pietre e dei metalli, contribuisca potentemente al benessere ed al perfezionamento dei popoli della Terra.

COLORAZIONI INDOTTE NELLE PERLE VETROSE DA TALUNI OSSIDI METALLICI AL CANNELLO FERRUMINATORIO

	PERLE DI SAL BORACE				PERLE di SAL di FOSFORO			
	Fiamma ossidant.		F. riducente		F. ossidante		F. riducente	
	a Caldo	a Fredd.	a C.	a F.	a C.	a F.	a C.	a F.
Fe								
Mn								
Cr								
Cu								
Zn								
Pb								
Ni								
Co								
Mb								
Ti								
U.								
Bi								

QUARZO
TORMALINE
SPATO D'ISLANDA
QUARZO +

CERUSSITE ($\rho > \nu$)
+
=
ARAGONITE (doppia rifraz. —)
+
=
SELENITE — DISPERSIONE INCLINATA (d. r. +)
+
=

ADULARIA (ORTOCLASIO) DISPERSIONE ORIZZONTALE

OLIGOCLASIO – DISPERSIONE ASIMMETRICA